tijdschrift van het

nederlands elektronica- en radiogenootschap

deel 61 nr. 5 1996

nederlands elektronica- en radiogenootschap

Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap
Correspondentie-adres: Postbus 39,2260 AA Leidschendam.
Gironummer 94746 t.n.v. Penningmeester NERG,
Leidschendam.

HET GENOOTSCHAP

Het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap (NERG) is een wetenschappelijke vereniging, gericht op elektronica, telecommunicatie en informatieverwerking.
Het doel van het NERG is om het wetenschappelijk onderzoek op deze gebieden te bevorderen en de verbreiding en toepassing van de verworven kennis te stimuleren.

BESTUUR

LIDMAATSCHAP

Voor lidmaatschap wende men zich via het correspondentie-adres tot de secretaris.. Het lidmaatschap van het NERG staat open voor academisch gegradueerden en anderen die door hun kennis en ervaring bij kunnen dragen aan het genootschap. De jaarlijkse contributie bedraagt voor gewone leden *f* 75,- en voor junior leden *f* 39,-. Bij automatische incasso wordt *f* 3,- korting verleend.
Gevorderde 1e fase studenten en 2e fase studenten komen in aanmerking voor het junior lidmaatschap en kunnen daartoe contact opnemen met de contactpersoon op hun universiteit.
In bepaalde gevallen kunnen ook andere leden, na overleg met de penningmeester, voor een gereduceerde contributie in aanmerking komen.
De contributie is inclusief abonnement op het Tijdschrift van het NERG en deelname aan vergaderingen, lezingen en excursies.

HET TIJDSCHRIFT

Het tijdschrift verschijnt gemiddeld vijf maal per jaar. Opgenomen worden artikelen op het gebied van de elektronica en de telecommunicatie. Auteurs, die publicatie van hun onderzoek in het tijdschrift overwegen, wordt verzocht vroegtijdig contact op te nemen met de hoofdredacteur of een lid van de redactiecommissie.

Het jaarabonnement van het tijdschrift bedraagt *f* 75,-

REDACTIECOMMISSIE

ISSN 03743853

VAN DE REDACTIE

Zoals gebruikelijk is het laatste nummer gewijd aan de samenvattingen van promoties die in het afgelopen sursusjaar hebben plaatsgevonden aan de drie Elektrotechnische Faculteiten in Nederland.
Hierbij is uitsluitend gebruik gemaakt van de samenvattingen in de proefschriften en niet van publicaties in de pers over promoties.
Hoewel gestreefd is naar volledigheid, zou er een proefschrift overgeslagen kunnen zijn.
Wij stellen het op prijs in dat geval hiervan in kennis gesteld te worden, zodat dit proefschrift volgend jaar alsnog verwerkt kan worden.
De proefschriften zijn gerangschikt per universiteit en per universiteit staan ze op chronologische volgorde van de promotiedatum. In het register staan de namen van de promovendi alfabetisch geordend, met voor elke promovendus een paginanummer en een letter die aanduidt waar de promotie plaatshad: D voor Delft, E voor Eindhoven en T voor Twente.
Elk proefschrift ligt ter inzage op de bibliotheek van de betreffende universiteit. Wanneer u behoefte heeft aan een eigen exemplaar kunt u hierom schriftelijk verzoeken bij de bibliotheek van de universiteit. Wanneer deze geen exemplaren meer voorradig moocht hebben, kunt u indien gewenst een kopie op microfiche aanvragen (alleen voor Delft en Eindhoven) . Onderstaand vindt u de adressen.

Centrale Bibliotheek TUD
Afdeling Periodieken en Ruil
Schuttersveld 2
2611 WE Delft

Centrale Bibliotheek TUE
Postbus 513
5600 MB Eindhoven

Bureau Universiteitsbibliotheek Twente
Postbus 217
7500 AE Enschede

REGISTER

HIGH CAPACITY 1300 NANOMETER OPTICAL TRANSMISSION

H. de Waardt
5 september 1995
Promotor: prof. dr. B.H. Verbeek

Glasvezeltransmissie is niet meer weg te denken in onze informatie-intensieve samenleving. Hoewel de transmissiecapaciteit van het huidige optische netwerk al aanzienlijk hoger is dan van het oude netwerk over koperdraad en via straalzenders, toch zal een oriëntatie op verdere capaciteitsvergroting geboden zijn om in de toekomstige behoeften te kunnen voorzien. Capaciteitsvergroting is tot nu toe steeds gerealiseerd door het aantal glasvezels per kabel te vergroten en door de transmissiesnelheid te verhogen. Aanvankelijk begonnen met 140 Mbit/s is de transmissiesnelheid thans via 565 Mbit/s toegenomen tot 2,5 Gbit/s. De volgende logische stap is 10 Gbit/s. Naarmate de transmissiesnelheid toeneemt wordt de gevoeligheid van de optische ontvanger echter steeds geringer en kunnen intrinsieke glasvezeleigenschappen als demping en dispersie (met name in het 1550 nm venster) een beperkende factor gaan vormen. Bij een standaard monomodus glasvezel, waarvan wereldwijd reeds 55 miljoen kilometer is geïnstalleerd, is de invloed van dispersie in het 1300 nm venster zeer gering en is het de moeite waard om de mogelijkheden van transmissie met zeer hoge transmissiesnelheden (>= 10 Gbit/s) in het 1300 nm venster te onderzoeken. Een nadeel vormt de hogere glasvezeldemping bij 1300 nm (0,4 dB/km) vergeleken met de minimum glasvezeldemping die bereikt wordt bij 1550 nm (0,2 dB/km). Om deze hogere demping te compenseren zullen optische versterkers noodzakelijk zijn.

Een verdere vergroting van de transmissiecapaciteit van een glasvezel kan bereikt worden door het stapelen van meerdere kanalen met verschillende golflengten aan de zenderzijde en het ontvlechten en detecteren van de kanalen aan de onvangerzijde. Deze techniek, golflengte (de)multiplexen, doet recht aan de imponerende vezelbandbreedte die circa 75 THz bedraagt. Dit proefschrift geeft een verkenning weer naar de mogelijkheden tot capaciteitsvergroting van de glasvezelinfrastructuur door zowel gebruik te maken van optische signalen met een zeer hoge transmissiesnelheid (2,5 Gbit/s en 10 Gbit/s) als ook door meerdere kanalen optisch te stapelen en te ontvlechten. Als uitgangspunt is gekozen voor het 1300 nm golflengte venster om dispersie als systeembegrenzing uit te sluiten. Direct gemoduleerde laserdiodes zijn geselecteerd als optische bronnen, waarvan een tweetal uitvoeringsvormen intensief is bestudeerd. Het eerste type laserdiode heeft een bulk actief medium, het tweede type laserdiode heeft een actief medium met een quantum-put structuur met opzettelijk ingegroeide kristalspanning. In het bijzonder is hun gedrag bij 10 Gbit/s modulatie gekarakteriseerd en vergeleken. Met simulatietechnieken zijn 10 Gbit/s oogdiagrammen gegenereerd met parameters karakteristiek voor beide typen laserdiodes.

Breedbandige optische ontvangers worden getypeerd door een geringe gevoeligheid. Om de ontvangergevoeligheid te vergroten is gebruik gemaakt van optische versterking vóórdat het optische signaal de fotodetector bereikt. Optische versterking is gerealiseerd door toepassing van halfgeleider laserdiode versterkers met een quantum-put actief medium met ingegroeide kristalspanning. Het gedrag van deze zeer geavanceerde optische versterkers is uitgebreid gekarakteriseerd. De ontvangergevoeligheids-verbetering met behulp van optische voorversterking is doorgerekend en experimenteel vastgesteld.

Het golflengte-stapelen is uitgevoerd door kanalen samen te voegen met behulp van een passieve 50% koppelaar. Voor het ontvlechten van de kanalen is gekozen voor twee benaderingen. De eerste methode betreft het optisch versterken van de kanalen met een laserdiode-versterker om ze daarna optisch te filteren met een Fabry-Perot interferentiefilter. De tweede methode maakt gebruik van resonant optische versterkers. Dit type optische versterker wordt gekenmerkt door een gepiekt versterkingsprofiel als functie van de frequentie waarbij signaalversterking optreedt in een zeer nauw begrensde frequentieband. De frequentie van het actieve filter is verstembaar. Deze hoogst interessante versterkers kunnen in beginsel een optisch filter, een optische versterker en een fotodetector vervangen waarmee een uiterst aantrekkelijk alternatief wordt geboden voor een meerkanaals optische ontvanger. Kanaalselectie met passieve en actieve filters is in detail onderzocht.

De componenteigenschappen van bronnen, versterkers, filters en ontvangers zijn getoetst in een breed palet van meerkanaals-systeemexperimenten zowel over een laboratorium-testtraject van 63.5 km als een veld-geïnstalleerde glasvezel van 48 km. Het onderzoek heeft geresulteerd in wereldrecord ontvangergevoeligheden voor 2,5 Gbit/s en 10 Gbit/s in het 1300 nm golflengtevenster. Een tweekanaals 10 Gbit/s transmissie-experiment over 63.5 km heeft geleid tot een ongeëvenaard bitsnelheid-afstand produkt van 1.27 Tbit/s*km voor 1300 nm. Voor zover de auteur weet representeert het 48 km tweekanaals 10 Gbit/s transmissie-experiment (12-11-1993) het allereerste 20 Gbit/s transmissie-experiment over veld-geïnstalleerde glasvezel. Overspraakmetingen aan de 1300 nm voorversterker duiden op de mogelijkheid het aantal 10 Gbit/s kanalen uit te breiden tot vier. Het is aangetoond dat dispersie van de glasvezel geen enkele rol van betekenis speelt. Op basis van het door hem verrichte onderzoek beveelt de auteur belanghebbenden aan de implementatie van 10 Gbit/s systemen in het 1300 nm golflengtevenster serieus te overwegen.

* * *

PROBLEM DIRECTED DECOMPOSITION OF BAYESIAN BELIEF NETWORKS

E.C. van de Stadt
12 september 1995
Promotor: prof. dr. ir. E. Backer

Onderzoek binnen de Kunstmatige Intelligentie heeft inmiddels de noodzaak aangetoond van methoden voor het omgaan met onzekerheid in kennissystemen. Dit proefschrift beschouwt het gebruik van Bayesian belief networks als één van de mogelijkheden om aan bovengenoemde eis tegemoet te komen. Een Bayesian belief network bestaat uit een gekwantificeerde gerichte acyclische graaf. De knopen corresponderen met (stochastische) variabelen, die op hun beurt concepten uit het kennisdomein representeren. De takken representeren relaties tussen de variabelen zodat wederzijdse beïnvloeding mogelijk is. Door de afwezigheid van takken worden de onafhankelijkheidsrelaties gerepresenteerd die gelden voor de variabelen binnen het domein.

Onzekerheid wordt gerepresenteerd in de vorm van conditionele kansverdelingen die de sterkten van de beïnvloedingen kwantificeren, en a priori kansverdelingen die initiële kansen van hypothesen kwantificeren. De propagatie van kansen in een Bayesian belief network is verder consistent met waarschijnlijkheidsrekening. De rekencomplexiteit van de propagatie van kansen in een Bayesian belief network is inherent exponentieel. Meer specifiek is bewezen dat probabilistische inferentie in Bayesian belief networks een NP-hard probleem is.

In dit proefschrift wordt een nieuwe decompositiemethode voor Bayesian belief networks voorgesteld. Deze decompositiemethode heeft tot doel de rekencomplexiteit beheersbaar te houden. De decompositiemethode gaat uit van een gegeven vraagstelling. Een vraagstelling bestaat uit twee verzamelingen variabelen: de aanwijzingen waarvan de waarden bekend verondersteld worden en de vragen. We zijn geïnteresseerd in de verzameling van individuele kansverdelingen van de vragen gegeven de aanwijzingen. Deze verzameling wordt de oplossing van een vraagstelling genoemd. De voorgestelde decompositiemethode deelt een Bayesian belief network op in een relevant netwerk en een rest netwerk. Het relevante netwerk is van direct belang voor het bepalen van de oplossing van de gegeven vraagstelling en het rest netwerk niet. Eenvoudig gezegd bestaat het relevante netwerk uit alle paden die in het oorspronkelijke Bayesian belief network een vraag met een aanwijzing verbinden. Het aantal rekenoperaties dat nodig is voor het bepalen van de oplossing van de vraagstelling kan beperkt blijven doordat de propagatie van de invloed die aanwijzingen hebben op de vragen alleen uitgevoerd hoeft te worden in het relevante netwerk.

In de literatuur zijn verschillende decompositiemethoden bekend. Deze methoden zijn echter niet algemeen toepasbaar en kunnen niet adequaat omgaan met wijzigingen in de vraagstelling. Bij de ontwikkeling van de nieuwe decompositiemethode zijn algemene toepasbaarheid, flexibiliteit en exacte probabilistische inferentie als ontwerpeisen gesteld. Vanwege de eis van algemene toepasbaarheid is gekozen voor de propagatie van kansen in een junction tree. De junction tree inferentiemethode kan in principe toegepast worden voor de propagatie van kansen in elk meervoudig verbonden Bayesian belief network. De eis van flexibiliteit houdt in dat de bestaande decompositie eenvoudig aangepast kan worden wanneer er wijzigingen optreden in de vraagstelling. Feitelijk betekent dit dat een (her)beschouwing van het oorspronkelijke Bayesian belief network en reconstructie van de junction tree niet nodig zijn. De junction tree van het relevante netwerk kan bijvoorbeeld (tijdelijk) worden uitgebreid met delen van de junction tree van het rest netwerk. De eis van exacte probabilistische inferentie houdt in dat de oplossing voor een gegeven vraagstelling op basis van het relevante netwerk identiek dient te zijn aan de oplossing zoals die bepaald zou zijn in het oorspronkelijke Bayesian belief network.

Het effect van de toepassing van de voorgestelde decompositiemethode is geëvalueerd. De best-case rekencomplexiteit en de worst-case rekencomplexiteit van de voorgestelde decompositiemethode kunnen bepaald worden aan de hand van een theoretische analyse. Voor het gemiddelde gedrag is dit niet het geval. Gebaseerd op een globaal idee over topologische eigenschappen van Bayesian belief networks zijn een aantal hypothesen opgesteld over het gemiddelde gedrag van de voorgestelde decompositiemethode. Vervolgens is een experimentele evaluatie uitgevoerd teneinde de hypothesen te verifiëren. Omdat over een indeling van de weinige bestaande Bayesian belief networks op grond van hun topologische eigenschappen in klassen vooralsnog geen consensus is bereikt is gekozen voor het experimenteren met klassen van random gegenereerde Bayesian belief networks met bijbehorende random gegenereerde vraagstellingen.

De hypothesen worden gestaafd door de resultaten uit de experimenten.Opvallend is de grote invloed van de dichtheid van de verbondenheid van de beschouwde Bayesian belief networks. Dit wordt verklaard door de aard van de random gegenereerde Bayesian belief networks. Realistische Bayesian belief networks kunnen in elk van de beschouwde klasse bevat zijn zodat geen algemeen geldende conclusies getrokken kunnen worden over het gedrag van de decompositiemethode in de praktijk. Dit probleem is aanwezig bij de experimentele evaluatie van elke methode waarvan het gedrag sterk afhangt van de topologische eigenschappen van de Bayesian belief networks. Niettenmin zal het gebruik van random gegenereerde Bayesian belief networks voorlopig de enige manier zijn om een experimentele evaluatie van het gemiddelde gedrag mogelijk te maken.

Het positieve effect van het toepassen van de voorgestelde decompositie-methode kan tevens aangetoond worden in bestaande Bayesian belief networks. Omdat bij de ontwikkeling van Bayesian belief networks vaak getracht wordt de rekencomplexiteit beperkt te houden door simpele topologieën af te dwingen moet opgemerkt worden dat bestaande Bayesian belief networks niet zondermeer geschikt zijn om als test netwerken te fungeren. Experimenten zijn uitgevoerd met twee bestaande Bayesian belief networks; het Central Neural Muscular Failure

(CNMF) netwerk en het Alarm network. Deze netwerken bevatten elk ongeveer evenveel knopen en tijdens hun ontwikkeling zijn geen vereenvoudigingen gemaakt ten behoeve van de inferentie snelheid. Op de schaal van best-case tot worst-case rekencomplexiteit bevindt de toepassing van de decompositiemethode in het CNMF netwerk zich in de buurt van de best-case terwijl de toepassing van de decompositiemethode in het Alarm netwerk zich in de buurt van de worst-case bevindt. Dit significante verschil wordt grotendeels verklaard door de topologische eigenschappen van de respectievelijke netwerken. De complexiteit van het CNMF network is laag ten opzichte van de complexiteit van het Alarm network omdat er veel minder knopen bevat zijn in een of meer lussen. Het CNMF netwerk is bijna een boom; de twee niet overlappende lussen bevatten ongeveer een kwart van het totaal aantal knopen en zijn op te vatten als lokale verdichtingen in de topologie (clusters). In de decomposities kunnen deze twee clusters worden gescheiden waardoor het relevante netwerk zowel minder complex als minder omvangrijk is dan het oorspronkelijke Bayesian belief network. Het Alarm netwerk bevat zes lussen waarin ongeveer de helft van het totaal aantal knopen bevat is. Deze zes lussen zijn niet op te vatten als enkele clusters, maar domineren de hele topologie; ze vormen zelf een cluster. In elke decompositie van het Alarm netwerk bevat het relevant network in ieder geval dit cluster waardoor zijn complexiteit gelijk is aan de complexiteit van het oorspronkelijke Bayesian belief network en de omvang is in ieder geval de helft van het Bayesian belief network.

De toepassing van de voorgestelde decompositiemethode werd ook bestudeerd in op Bayesian belief networks gebaseerde adviessystemen. Het doel van deze adviessystemen is het suggereren van acties. Het proces om tot een suggestie voor een actie te komen wordt het plannen van acties genoemd. Het Bayesian belief network formalisme moet uitgebreid worden om het plannen van acties mogelijk te maken. In de literatuur zijn verschillende uitbreidingen van het Bayesian belief network formalisme beschreven. In dit proefschrift wordt de uitbreiding genaamd beslisnetwerken beschouwd. In een beslisnetwerk wordt informatie verwerkt zodra ze beschikbaar komt, waardoor het plannen van acties zoveel mogelijk toegespitst blijft op het onderhavige beslisprobleem. Een beslisnetwerk is een Bayesian belief network waarbij de knopenverzameling uitgebreid is met beslisknopen en utiliteitknopen. Een beslisknoop representeert te nemen acties. Een utiliteitknoop representeert gevolgen van genomen acties. Deze gevolgen worden gewogen door utiliteiten. Tijdens het plannen wordt voor elke mogelijk actie de afweging gemaakt tussen de (verwachte) negatieve gevolgen en de (verwachte) positieve gevolgen. Deze afweging wordt uitgedrukt in de utiliteitsmaat. Het beslisnetwerk suggereert de actie waarvan de waarde van de bijbehorende utiliteitsmaat het grootst is. Voor de berekening van de utiliteitsmaat behorend bij een actie zijn de marginale kansverdelingen nodig van de variabelen die corresponderen met de utiliteitknopen. Deze kansverdelingen worden berekend door de actie in het beslisnetwerk in te voeren en vervolgens zijn effect te propageren door het beslisnetwerk. In het algemeen zullen tijdens deze propagatie meer rekenoperaties uitgevoerd worden dan nodig zijn voor het bepalen van de benodigde kansverdelingen.

Aangetoond wordt dat de voorgestelde decompositiemethode zonder meer toepasbaar is in de context van beslisnetwerken. Verder is een vergelijkende studie uitgevoerd ten einde het beslisnetwerk formalisme te plaatsen in de taxonomie van methoden die het plannen van acties tot doel hebben. Concluderend wordt gesteld dat beslisnetwerken zeer geschikt zijn om toegepast te worden in domeinen waarin het afstemmen van acties op voortdurend veranderende informatie essentieel is. Verder kan de rekenintensiviteit die nodig is voor deze flexibiliteit beheersbaar gehouden worden door de toepassing van de voorgestelde decompositiemethode.

* * *

TRANSPORT TRIGGERED ARCHITECTURES

H. Corporaal
13 september 1995
Promotor: prof. dr. ir. A.J. van de Goor

Processoren spelen een toenemende rol in alle aspecten van het dagelijks leven. Ieder jaar worden er miljarden processoren gebruikt in de meest uiteenlopende producten, van auto's tot high-end werkstations. Het zal duidelijk zijn dat de processor vereisten, in het bijzonder met betrekking tot kosten en prestatie, voor deze producten zeer verschillend zijn. Om de kansen op succesvolle commercialisering van nieuwe producten te verhogen is een korte ontwerptijd en een lage ontwerpinspanning noodzakelijk. In het geval dat deze producten worden uitgerust met product afhankelijke (applicatie specifieke) processoren, dienen deze processoren snel en eenvoudig te ontwerpen en te realizeren zijn.

De computer architect, die de architectuur van een processor ontwerpt, ziet zich geplaatst voor een bijna onmogelijke taak. Vele ontwerpbeslissingen, waarvan het effect op het uiteindelijke resultaat moeilijk te voorspellen is, moeten worden genomen. Het effect op prestatie en kosten van een bepaalde eigenschap hangt niet alleen af van de applicatie, waarvoor de architectuur ontworpen is, de kwaliteit van de compiler (d.w.z., hoe goed kan de door de compiler gegenereerde code profiteren van deze eigenschap), en de kwaliteit van de implementatie van deze eigenschap, maar tevens van reeds genomen ontwerpbeslissingen.

Het voorgaande maakt duidelijk dat de computer architect, die een applicatie specifieke processor ontwerpt, te maken heeft met conflicterende eisen: enerzijds moet hij, om tot een zo goed mogelijke prestatie-kosten verhouding te komen, een kwantitatieve analyse doen van een zo groot mogelijke ontwerpruimte, anderzijds dient de ontwerptijd kort, en dienen de ontwerpkosten laag te zijn. Een oplossing voor dit probleem is het gebruik van een geautomatiseerd ontwerptraject welke geschikt is voor

vele, uiteenlopende toepassingen. Dit traject dient gebaseerd te zijn op een bouwsteen architectuur met de volgende kwalificaties: uitbreidbaar, flexibel, programmeerbaar, modulair en, tot slot, dient de software uitwisselbaar te zijn.

Uitbreidbaarheid en flexibiliteit garanderen een ruime toepasbaarheid voor een veelheid van applicaties; programmeerbaarheid is nodig om applicaties, geschreven in hogere programmeertalen (zoals C en Fortran), te kunnen afbeelden; modulariteit is nodig voor een efficiënte en automatische generatie; uitwisselbaarheid van software betekent dat, door hercompilatie, eerder ontwikkelde software opnieuw kan worden gebruikt. Bestaande architecturen voldoen niet aan genoemde kwalificaties. Van deze architecturen komt de klasse van VLIW architecturen nog het dichtst in de buurt; zij heeft brede instructies en kan het parallellisme, dat aanwezig is op instructie niveau (d.w.z., meerdere operaties uitvoeren per instructie), uitbuiten. Echter, deze klasse is onvoldoende uitbreidbaar, flexibel en modulair. Daarom wordt een nieuwe klasse van architecturen voorgesteld en beschreven: de klasse van Transport Triggered Architectures, oftewel TTAs.

Het operatie principe van TTAs is erg eenvoudig. TTAs zijn georganizeerd als een set van functie units (FUs), welke de operaties, zoals optellen en vermenigvuldigen, uitvoeren, en één of meerdere register units (RUs), welke operatie operanden en resulaten bevatten. FUs en RUs zijn verbonden door een interconnectienetwerk, dat de datatransporten tussen deze units verzorgt. Figuur 1 toont een voorbeeld met drie FUs en twee RUs. Merk op dat er geen beperkingen zijn op het aantal ingangen en uitgangen van de FUs en RUs, en op de transportcapaciteit van het interconnectienetwerk. Dit betekent dat TTAs erg flexibel en goed uitbreidbaar zijn. Een TTA wordt geprogrammeerd door het specificeren van de benodigde datatransporten; iedere klokcyclus kunnen er één of meerdere datatransporten plaatsvinden. Operaties, uitgevoerd door de FUs, treden op als zij-effect van deze transporten; een transport naar één van de ingangen van een FU kan een operatie tot gevolg hebben. In dit opzicht wijken TTAs af van traditionele architecturen. Deze laatsten worden geprogrammeerd door het specificeren van de operaties. De datatransporten zijn dan niet direct te programmeren, en daardoor niet te controleren door de compiler; zij treden op als zij-effect van deze operaties. Echter, een compiler voor TTAs heeft volledige controle over alle datatransporten.

TTAs hebben verschillende voordelen t.o.v. traditionele architecturen, zowel op hardware als software gebied. De belangrijkste zijn:

- De compiler kan nieuwe optimalizaties, op het transport niveau, toepassen; dit leidt tot een reductie van het aantal transporten per operatie en een versnelling van de programma executie.
- De transportcapaciteit tussen FUs en RUs wordt een onafhankelijke ontwerpgrootheid. De computer architect heeft nu de mogelijkheid om de transportcapaciteit van een TTA te reduceren t.o.v. de benodigde capaciteit in een soortgelijke (met dezelfde FUs) traditionele architectuur, zonder dat prestatieverlies optreedt. Dit is mogelijk daar vele transporten in traditionele architecturen overbodig blijken te zijn.
- Ook het aantal registerpoorten wordt een onafhankelijke ontwerpparameter; hierdoor kan het aantal benodigde registerpoorten gereduceerd worden met tenminste 50%.
- TTAs laten eenvoudig toe dat FUs, welke ongelijksoortige operaties ondersteunen, kunnen worden opgedeeld zodat meer parallellisme aanwezig is. Dit kan resulteren in snelheidswinsten van meer dan 50%.
- De realizatie van TTAs laat zeer korte klokcyclus tijden toe, en daarmee hoge processor snelheden. Een prototype TTA processor laat zien dat 80 MHz in een 1.6 mm CMOS proces haalbaar is.

Wellicht belangrijker dan deze voordelen is het feit dat de TTA klasse voldoet aan de eerder genoemde vijf kwalificaties. Daardoor kunnen we een bouwsteen TTA definiëren en construeren, waarmee vele applicatie specifieke instructieset processoren (z.g.ASIPs) kwantitatief geanalyseerd en automatisch gegenereerd kunnen worden, en dat in een zeer korte tijd. Deze architectuur moet alleen die eigenschappen bezitten en die bouwblokken bevatten welke efficiënt geïmplementeerd kunnen worden en waarvoor de compiler efficiënte code kan genereren. Een groot deel van dit proefschrift is dan ook gewijd aan het onderzoek van de ontwerpruimte van TTAs. Veel aandacht wordt besteed aan de pipeline karakteristieken van de FUs, RUs en het interconnectienetwerk, daar pipelining grote invloed heeft op prestatie en complexiteit. Bovendien kan een eenmaal gekozen pipeline schema niet veranderd worden zonder ingrijpende aanpassingen van hardware en software.

Rond de bouwsteen architectuur is een set gereedschappen ontwikkeld, genoemd het MOVE framework, ten behoeve van het automatisch genereren van TTA processoren voor applicaties geschreven in de talen C of C++. Het MOVE framework bevat 1) een hardware gereedschap voor generatie van processor layout, 2) een compiler welke de applicaties vertaald naar TTA code, waarbij parallellisme op het instructieniveau en de TTA specifieke optimalisaties ten volle worden benut, en 3) een optimalisator welke voor een gegeven applicatie de optimale TTA configuraties berekent. Het proefschrift laat zien dat m.b.v. het MOVE framework een snelle en effectieve realisatie van ASIPs mogelijk is. Momenteel wordt het MOVE framework gebruikt door een aantal onderzoeksgroepen van universiteiten en industriën voor de ontwikkeling van ASIPs voor applicaties als MPEG2, t.b.v. hoge resolutie video (de-) compressie, en voor beeldbewerking en beeldverbetering. Daarnaast zijn er een aantal projecten, gefinancierd door NWO, Beek, en STW, tussen universiteiten en het bedrijfsleven, met als doel het verbeteren en uitbreiden van het MOVE framework op verschillende gebieden; bijv. het gebruik van andere applicatie talen, het vergroten van het te benutten parallellisme, en uitbreiding in de richting van MIMD processor systemen.

* * *

RECOGNITION OF DISCHARGES. DISCRIMINATION AND CLASSIFICATION

A. Krivda.
18 september 1995
Promotor: prof. dr. ir. F.H. Kreuger

Ontladingsdetectie en herkenning zijn tegenwoordig belangrijke hulpmiddelen om de kwaliteit van hoogspanningsconstructies te beoordelen. Deze dissertatie beoogt enkele technieken uit de patroonherkenning toe te passen om ontladingen te discrimineren en te classificeren. Deze dissertatie beschrijft de voortzetting van het eerdere werk van Dr. E. Gulski op het gebied van ontladingsherkenning dat eveneens is uitgevoerd in het Hoogspanningslaboratorium van de Technische Universiteit Delft. Het doel van deze studie was het verbeteren van de bestaande technieken van ontladingsherkenning. Daarbij zijn vele methoden getoetst.

Voor classificatie bleek de 'centour score' methode goed te voldoen. Deze methode heeft hier zijn kracht bewezen voor de classificatie van ontladingen in hoogspanningscomponenten en is met succes geïmplementeerd in een commercieel ontladingsdetectiesysteem. Neurale netwerken bleken geen goede methode te verschaffen om ontladingen te classificeren. Voor discriminatie van ontladingen bleek de 'group average' methode goed te werken, met name voor de analyse van ontladingspatronen tijdens de veroudering van isolatie. De methode kan worden gebruikt voor data analyse bij het periodiek testen van hoogspanningscomponenten. Ook fractal-beschrijvers van ontladingspatronen bleken goede discriminerende eigenschappen te bezitten. Hoofdstuk 1 geeft een algemene introduktie.

In hoofdstuk 2 worden verschillende ontladingsverdelingen beschreven die zijn gebruikt voor herkenning van ontladingen. De verdelingen worden gekwantificeerd met behulp van statistische parameters, zoals skewness, kurtosis, enz. Een verzameling van 29 statistische parameters wordt gebruikt als basis voor de herkenning van ontladingen; deze 29 parameters vormen tezamen de vingerafdruk van een ontlading. Een gedetailleerde beschrijving van de vingerafdrukken van verschillende ontladingsbronnen is in hoofdstuk 3 te vinden. Hoofdstuk 4 beschrijft de verschillende mathematische methoden die gebruikt zijn om ontladingspatronen te discrimineren en te classificeren. 'Mapping' technieken, cluster-analyse en fractal technieken zijn toegepast om ontladingspatronen te discrimineren. Van al de geteste en bestudeerde methoden bleek de 'group average' te prefereren. Fractale technieken bleken ook een waardevolle en geschikte methode ter discriminatie van ontladings-patronen te zijn.

Neurale netwerken en conventionele classificatiemethoden zijn gebruikt om ontladingspatronen te classificeren. Uit deze studie volgde dat neurale netwerken geen goede methode opleverden om ontladingen te herkennen. Conventionele classi˜ficatiemethoden, in het bijzonder de 'centour score' methode, hebben echter hun waarde bewezen in het herkennen van ontladingen. Ontladingspatronen, verkregen tijdens het verouderen van eenvoudige modellen en van enkele industriële hoogspanningscomponenten, worden in hoofdstuk 5 gepresenteerd. Met de technieken als hierboven beschreven werden de patronen geanalyseerd. De studie heeft ons geleerd dat enkele technieken, zoals de 'group average' methode en de 'centour score' methode, goede hulpmiddelen voor industriële toepassing kunnen zijn, zoals het periodiek testen van de electrische isolatie in hoogspanningscomponenten. In hoofdstuk 6 worden de conclusies van dit onderzoek gepresenteerd en enkele suggesties voor toekomstig onderzoek gedaan.

* * *

A FRAMEWORK FOR KNOWLEDGE-BASED MAP INTERPRETATION

J.E. den Hartog
25 september
Promotor: Prof. dr. ir. E. Backer.

Veel instellingen in Nederland, zoals bijvoorbeeld nutsbedrijven, beheren enorme archieven met kaartmateriaal. De mogelijkheden van de steeds verder oprukkende automatisering kunnen echter niet worden benut zolang de informatie in deze kaarten niet voor de computer beschikbaar wordt gemaakt. Dit probleem zal worden toegelicht aan de hand van een voorbeeld: stel, het management van een electriciteitsbedrijf wil een precieze schatting maken van de hoeveelheid tijd en geld die nodig is voor de vervanging van een bepaald type leiding. Dit komt in de praktijk neer op het handmatig nalopen van het volledige kaartbestand, wat wel 10.000 kaarten kan bedragen, zodat het antwoord enige tijd op zich kan laten wachten. Als daarentegen alle relevante informatie over het netwerk in een database beschikbaar is, dan hoeft een gerichte automatische zoekactie slechts enkele minuten te duren. De conclusie is dat voor het efficiënt beheren van allerlei geografische informatie de conversie van kaartmateriaal naar een digitaal formaat noodzakelijk is.

De huidige conversietechnieken zijn zeer arbeidsintensief en daardoor zeer duur. Bij één van deze technieken wordt de informatie op de kaart door de tekenaar overgetekend op een beeldscherm waarbij de tekenaar zijn aandacht moet verdelen over één of meer kaarten én het beeldscherm. De handmatige conversie van alle kaarten en tekeningen van de nutsbedrijven, PTT Telecom, de gemeenten, enz. kost naar schatting 10.000 manjaar werk, wat neerkomt op ongeveer 1 miljard gulden. De ontwikkeling van automatische technieken die dit tijdrovende en kostbare proces kunnen versnellen heeft dan ook een grote maatschappelijke relevantie.De doelstelling van het in dit proefschrift beschreven onderzoek is de ontwikkeling van dergelijke automatische technieken. In de praktijk komt automatische kaartconversie allereerst neer op het scannen van de kaarten. Tijdens het scan-proces wordt de papieren kaart omgezet naar een numerieke representatie: het digitale beeld. Vervolgens moeten in het digitale beeld de afzonderlijke objecten en hun onderlinge structuur worden herkend met behulp van digitale beeldverwerking.

Voor succesvolle toepassing van automatische conversietechnieken moeten deze betrouwbare resultaten opleveren, aangezien fouten in de geografische database door kunnen werken in de hierop gebaseerde besluitvorming. De betrouwbaarheid van de interpretatie wordt vergroot door alle beschikbare relevante voorkennis over de kaarten te benutten. Deze voorkennis beslaat kennis over de vaste tekenregels, de te volgen interpretatiestrategie en bruikbare beeldverwerkingstechnieken. Het gebruik van kennis maakt een interpretatiesysteem bovendien flexibeler, mits deze is beschreven in een makkelijk manipuleerbare vorm. Vanwege de grote diversiteit aan te converteren kaarten is dit eveneens een belangrijk aspect. Om op een efficiënte manier een betrouwbaar interpretatiesysteem te bouwen is in dit onderzoek een raamwerk ontwikkeld waarin een eenvoudige kennis-representatietaal is geïntegreerd met een redeneermechanisme en een beeldverwerkingssysteem.

Het principe van kennisgestuurde interpretatie zal worden uitgelegd nadat eerst is ingegaan op de voorbewerkingen die nodig zijn om herkenning van objecten mogelijk te maken. De grafische objecten in een kaart zijn meestal met elkaar verbonden en vormen een "klont" pixels waarin door de computer weinig structuur ontdekt kan worden. Een veel gebruikte methode om herkenning mogelijk te maken is vectorisatie. De klont pixels wordt benaderd met een graafachtige structuur, opgebouwd uit rechte lijnen en hun verbindingspunten, zoals bijvoorbeeld te zien is in figuur 2.1 van hoofdstuk 2. Een vectorisatie is meestal een redelijke benadering van de grafische topologie, maar de benadering van verschillend gevormde objecten met een rechte lijn gaat ten koste van de morfologische informatie wat de herkenning bemoeilijkt. Als alternatief voor vectorisatie onderzochten wij het opdelen van graphics in primitieven, zoals bijvoorbeeld te zien is in figuur 2.3 en figuur 2.6. Deze methode geeft een abstracte representatie van de topologie, echter zonder verlies van de zo belangrijke morfologische informatie. Tijdens het opdelen van de grafische structuur in primitieven wordt een compacte en volledige set kenmerken berekend. Deze set van ongeveer 80 getalswaarden blijkt een grafisch symbool te kunnen representeren zonder verlies van morfologische informatie. Kenmerkend voor bijvoorbeeld een pijl zijn de driehoekige verdikkingen aan één of beide uiteinden die zijn verbonden door een dunne, rechte lijn. In hoofdstuk 3 wordt uitgelegd hoe deze kenmerkverzameling wordt berekend en hoe een neuraal netwerk hiermee getraind kan worden. Uit de experimenten met het neurale netwerk blijkt dat pijlen met een grote betrouwbaarheid herkend kunnen worden.

In hoofdstuk 4 wordt een eerste concept beschreven om met behulp van kennis de interpretatie te sturen. Kennisgestuurde kaartinterpretatie kan met het volgende simpele praktijkvoorbeeld wat inzichtelijker worden gemaakt. Een electriciteitsbedrijf tekent op zijn kaarten de positie van de electriciteitsleiding ten opzichte van de huizen die ermee van electriciteit worden voorzien. Bij onderhoud van een stuk leiding wordt eerst de straat en het dichtst bij gelegen huis opgezocht. Uitgaande van de gevel kan dan eenvoudig de plaats van de ondergrondse leiding worden gevonden. Op de kaarten komen de volgende objecten voor:

- Leidingen, die worden weergegeven door een dikke en regelmatige rechte lijn.
- De gevels van huizen, gerepresenteerd door een rechte hoekige lijn.

Binnenin het huis is vaak een huisnummer getekend.

- Bematingen, die de afstand tussen leiding en huis aangeven. Een bemating wordt getekend als een pijl met een getal dat de door de pijl weergegeven afstand tot op een decimeter nauwkeurig weergeeft.

Bij deze applicatie bestaat de voorkennis dus onder anderen uit informatie over welke objecten er zijn, hoe ze eruit zien en in welke samenhang ze voorkomen. Als bijvoorbeeld eerst in het kaartbeeld de leiding is gezocht én gevonden, dan is het niet meer nodig om in het gehele beeld naar de andere objecten te zoeken. Immers, de huizen en de bematingen komen alleen in de buurt van de leiding voor en zoekacties naar deze objecten kunnen daarom hiertoe beperkt worden. Nadat de leiding gevonden is, kan het interpretatiesysteem gericht gaan zoeken naar pijlen. Telkens als er een pijl is gevonden dan moet daar ook een getal bij staan. Als zowel pijl als getal zijn gevonden dan moet aan de andere kant zich een huis bevinden. Na detectie van het huis kan in het kleine gebied binnen het huis naar een huisnummer worden gezocht. Op deze manier treedt er een soort sneeuwbaleffect op waarbij elk gevonden object weer tot nieuwe zoekacties leidt die op hun beurt weer nieuwe zoekacties kunnen veroorzaken. De basis van de interpretatie is dus een van te voren opgesteld model waarin wordt beschreven welke objecten voorkomen en welke spatiële relaties ze onderling delen. Maar dan rijst vervolgens de vraag hoe te handelen als het beeld niet aan dit model blijkt te voldoen. Het is bijvoorbeeld bekend dat een bemating altijd uit een pijl en een getal bestaat. Maar soms kan wel de pijl worden gevonden maar niet het getal. Voor een dergelijke tegenstelling tussen model en beeld zijn drie mogelijke oorzaken:

- De herkende pijl is geen echte pijl.
- Beeldruis verstoorde de voorbewerkingen op het beeld, waardoor bijvoorbeeld de cijfers in het getal aan elkaar gegroeid zijn of juist zoek zijn geraakt.
- Het getal is niet volgens de regels getekend.

Om dit soort fouten te kunnen detecteren is het model uitgebreid met twee soorten spatiële relaties: de essentiële en de inverse relatie. De pijl die altijd samen met een getal voor moet komen is een voorbeeld van een essentiële relatie. Een inverse relatie geeft juist het tegenovergesteldeaan: twee objecten mogen niet op een bepaalde manier samen voorkomen. Een leiding mag bijvoorbeeld wel langs de huizen lopen, maar niet naar binnen gaan. Met behulp van dit model kan de kennis over potentiële tegenstellingen op een eenvoudige manier gemodelleerd worden. De enige voorwaarde voor toepasbaarheid van dit model is dat de objecten in de kaart duidelijke spatiële relaties met elkaar delen. In hoofdstuk 5 wordt verder ingegaan op het afhandelen van gevonden tegenstellingen. Heel vaak ligt de oorzaak bij de segmentatiestap van de voorbewerking. Segmentatie van kaarten komt grofweg neer op het onderscheiden van voorgrond en achtergrond.

Het originele kaartbeeld bestaat uit een enorme verzameling pixels. Elk pixel representeert de grijswaarde van een zeer klein vierkant gebiedje in de kaart. Idealiter is deze grijswaarde een betrouwbare maat voor de hoeveelheid inkt binnen dit gebied. Er blijken echter allerlei factoren te zijn die het scanproces verstoren. Zo is het bijvoorbeeld niet mogelijk om de meting van de intensiteit tot precies het gewenste pixel te beperken omdat omliggende pixels de meting beïnvloeden. Verder is het kaartmateriaal van wisselende kwaliteit en tot slot worden de kaarten vaak aan beide kanten betekend. Kortom, het is niet triviaal om inkt van papier te onderscheiden en één enkele eenvoudige segmentatiestap is niet afdoende. Maar ook hier kan het gebruik van kennis soelaas bieden. Door in het model zowel de oorzaak van de tegenstellingen (de segmentatiestap) als de oplossing hiervoor (een nieuwe, gespecialiseerde segmentatiestap) te modelleren, kan het systeem een belangrijk deel van de problemen volautomatisch oplossen. Op leidingkaarten wordt bijvoorbeeld vaak het bematingsgetal niet herkend door een slechte segmentatie. De hieruit volgende tegenstelling wordt als volgt opgelost: omdat het getal altijd links of rechts van de pijl staat, kan nadat de pijl is gevonden een nieuwe segmentatiestap worden beperkt tot een klein gebied aan weerszijden van de pijl. Hierdoor blijven de rekenkosten beperkt. Na de hersegmentatie, gespecialiseerd in optimale extractie van het getal, wordt opnieuw geprobeerd het getal te vinden. Als dit lukt dan gaat de interpretatie weer gewoon door en anders wordt aangenomen dat de pijl foutief herkend is en wordt deze herkenning vervolgens verworpen.

Uiteraard zijn er ook experimenten uitgevoerd om een indicatie te krijgen hoe het systeem in een praktijkomgeving zou werken. Uit deze experimenten blijkt dat het redeneren met relaties een goede manier is om de interpretatie te sturen en ongerechtigheden in de interpretatie te ontdekken. Het aantal foutieve classificaties blijkt af te nemen, vergeleken met een rechttoe-rechtaan interpretatie die geen gebruik maakt van kennis over de samenhang van objecten. Wel neemt het het aantal ongeclassificeerde objecten sterk toe, maar hier blijkt het mechanisme voor hersegmentatie succesvol te zijn. Met kennisgestuurde hersegmentatie is het bijvoorbeeld mogelijk om het percentage van herkende bematingsgetallen met meer dan 65% te verbeteren. Uit dit alles kan de conclusie worden getrokken dat het ontwikkelde raamwerk het mogelijk maakt om op een redelijk eenvoudige en flexibele manier de kennis over een bepaald type kaart te modelleren. Het redeneren met relaties levert een betrouwbare interpretatie op waarbij typische foutpercentages tussen de 0% en de 1% liggen. Het blijkt echter niet mogelijk om de gehele kaart automatisch te interpreteren. Het aantal niet geclassificeerde objecten kan per type sterk verschillen. De leiding zelf kan bijvoorbeeld vrijwel volledig worden gevonden terwijl van de pijlen ongeveer driekwart wordt gedetecteerd. De belangrijkste conclusie van dit onderzoek is dan ook dat met het huidige systeem volautomatische kaartinterpretatie nog niet haalbaar is, maar dat het zeker mogelijk is om de handmatige conversie aanzienlijk te versnellen met behulp van semi-automatische technieken.

Op dit moment is er een project gaande waarbij de Technisch Physische Dienst van TNO, in samenwerking met de faculteiten Technische Natuurkunde en Electrotechniek van de Technische Universiteit Delft, en de faculteit Wiskunde en Informatica van de Universiteit van Amsterdam, een semi-automatisch conversiesysteem gaat ontwikkelen voor de PNEM, de Provinciale Noordbrabantse Energiemaatschappij. In dit project zal ondermeer aandacht worden besteed aan de verdere ontwikkeling en verbetering van het redeneermechanisme en de symboolherkenning. De huidige symboolherkenning is te afhankelijk van de opdeling in primitieven zoals beschreven in hoofdstuk 2. Hoewel dit een zeer bruikbare abstracte representatie oplevert zijn er situaties waar er behoefte is aan andere methoden van objectherkenning. Een tekortkoming van het huidige redeneermechanisme is dat het niet mogelijk is om samengestelde objecten te representeren en als zodanig te herkennen. Toekomstig onderzoek zou zich dan ook deels moeten richten op zowel een verbetering van het kennismodel als aanpassing van de redeneerstrategie. Verder is er behoefte aan technieken om tegenstrijdige informatie te hanteren, waarbij het gebruik van inexacte redeneertechnieken van belang kan zijn. Een ander belangrijk punt van aandacht binnen het project is de koppeling tussen het conversiesysteem enerzijds en het geografisch informatie systeem anderzijds, zodat het mogelijk wordt om de informatie uit de geïnterpreteerde kaarten efficiënt op te slaan. Het is de bedoeling dat het te ontwikkelen systeem begin 1997 wordt ingezet binnen het lopende conversie-project van de PNEM.

Het ontwikkelde raamwerk is gebaseerd op algemene principes en het zou daarom bruikbaar kunnen zijn voor andere toepassingen. Omdat het huidige interpretatiesysteem volledig afhankelijk is van kennis over de spatiële relaties tussen objecten, kan van dit concept alleen verwacht worden dat het bruikbaar is voor gestructureerde beelden. De potentiële mogelijkheden voor het vinden van wegen in luchtfoto's zijn in hoofdstuk 6 met een casestudy aangetoond. Het huidige interpretatie-systeem verwacht echter wel initiële resultaten om de interpretatie te sturen. Bij de kaartinterpretatie worden de eerste resultaten verkregen door een initiële segmentatie, terwijl een database met daarin de oude wegsituatie voor een vliegende start zorgt bij de interpretatie van luchtfoto's. De toepassing van de ontwikkelde methoden op minder gestructureerde beelden zonder initiële resultaten is daarom een ander belangrijk onderwerp voor vervolgonderzoek.

* * *

BULK-MICROMACHINED CAPACITVE SERVO-ACCELEROMETER

R.P. van Kampen
28 september 1995
Promotor: prof. dr. ir. S. Middelhoek.

Dit proefschrift beschrijft de theorie en realisatie van een capacitieve silicium servo-versnellingssensor vervaardigd met behulp van bulk-micromachining. De verscheidene aspecten van de servo-versnellingssensor zijn beschreven

in hoofdstukken en zullen hier worden samengevat.

Hoofdstuk 1:

Tegenwoordig zijn er veel toepassingen voor kleine, nauwkeurige versnellingssensoren. De evolutie van de geïntegreerde silicium technologie heeft geleid tot de ontwikkeling van vele silicium sensoren. Door de perfecte mechanische eigenschappen van silicium, kunnen mechanische silicium sensoren van hoge kwaliteit in combinatie met elektronica gefabriceerd worden. De versnellingssensor beschreven in dit proefschrift maakt gebruik van dezelfde technologie. De sensor werkt volgens de tweede wet van Newton, die stelt dat een massa, welke een versnelling ondergaat, een kracht ondervindt welke evenredig is met de versnelling. Door de massa verend op te hangen, zal de positie van de massa veranderen, totdat de kracht die de veer op de massa uitoefent even groot is als de kracht ten gevolg van de versnelling.

Hoofdstuk 2:

De eerste stap is de beschrijving van het mechanische gedrag van de sensor onder invloed van een statische versnelling. De oplossing is verkregen door de elasticiteitsvergelijkingen van de verende ophanging op te lossen. Verscheidene ophangingsmethoden van de massa zijn onderzocht, om de optimale oplossing te vinden, d.w.z. een oplossing welke, zoveel als mogelijk, slechts gevoelig is voor versnellingen in slechts een richting en ongevoelig voor versnellingen in de niet-gewenste richtingen. De resulterende sensor bestaat uit een massa, welke symmetrisch is opgehangen aan acht balkjes die geplaatst zijn in de hoeken van de massa. Uitbreiding van de standaard kleine-uitwijking elasticiteitstheorie laat zien dat de balkjes slechts lineair buigen met de versnelling indien de uitwijking klein is ten opzichte van de dikte van de balkjes, waardoor het bereik beperkt is. De volgende stap is de beschrijving van het dynamische gedrag van de sensor, in termen van resonantiefrequentie en demping. De resonantiefrequentie is bepaald door de geometrische eigenschappen van de sensor. Een hoge gevoeligheid in een bepaalde richting heeft automatisch tot gevolg dat de resonantiefrequentie in die richting laag is. De gebruikte optimalisatie- methode kan dus ook worden omschreven als een maximalisatie van de resonantiefrequentie in de niet-gewenste richtingen. Het resulterende systeem is een ongedempt tweede-orde systeem, omdat het silicium materiaal nauwelijks een dempende werking heeft.

Om een stabielere respons te krijgen en om te voorkomen dat de massa eruit breekt, wordt de sensor omkapseld. De smalle ruimte tussen de massa en de omkapseling is gevuld met gas (lucht op omgevingsdruk). Een beweging van de massa wordt zodanig tegengewerkt door dit gas, dat de sensor wordt gedempt via het zogenaamde squeezefilm dempingsmechanisme. Dit dempingsmechanisme geeft alleen demping voor lage frequenties van de massabewegingen, terwijl voor hoge frequenties de luchtlaag slechts een verende werking heeft. Dit effect komt door de samendrukbaarheid van het gas, welke een beweging van het gas uit de smalle ruimte beperkt bij hoge frequenties. De laatste stap in de beschrijving van het mechanische gedrag, is de afleiding van het elektrische analogonmodel. Op deze manier kan het gedrag van de sensor worden beschreven in het elektrische domein. Hierdoor kunnen de mechanische sensor en de erop aangesloten elektronische circuits tegelijkertijd worden gesimuleerd, zodat de interactie tussen beide onderzocht kan worden.

Hoofdstuk 3:

De servo-versnellingssensor is gebaseerd op compenserende elektrostatische krachten op de massa. De massa fungeert als beweegbare centrale elektrode en de andere elektroden zijn gelokaliseerd op de omkapseling boven en onder de massa. Om stabiliteit van de sensor te garanderen, zijn de op de massa werkende elektrostatische krachten en momenten bepaald. Door deze ook in het elektrische analogonmodel op te nemen, kan de mechanisch-elektronische interactie worden bepaald. Door de mechanische terugkoppellus te sluiten, wordt het dynamische gedrag van de sensor veranderd. De effectieve ophangingsveer van de massa wordt stijver, waardoor de resonantiefrequentie toeneemt en de relatieve demping afneemt. Ten gevolge van de stijvere veer, neemt de verplaatsing van de massa af, zodat de ophangingsbalkjes in het lineaire gebied werken. Omdat de open-lus sensor zwaar overgedempt is, wordt de bandbreedte van deze sensor volledig bepaald door een enkele pool. Dit heeft tot gevolg, dat de bandbreedte van de gesloten-lus sensor volledig wordt bepaald door deze dominante mechanische pool en nog een andere (elektronische) pool, welke op een geschikte frequentie wordt geplaatst. Omdat deze lokatie makkelijk kan worden veranderd, kan het dynamische gedrag van de sensor (bandbreedte en demping) gedurende werking worden ingesteld.

De optimale uitlees- en terugkoppelstructuren zijn bepaald, door te kijken naar het ruisgedrag van de uitleescircuits. Deze optimale structuren hangen af van de parasitaire capaciteiten op de verschillende knooppunten van de sensor, wat in dit geval resulteert in twee optimale configuraties. Beide configuraties maken gebruik van een differentieel uitleescircuit, welke is samengesteld uit twee ladingsversterkers, verbonden met de electroden op de omkapseling. Om de elektrostatische terugkoppelkrachten te realiseren, kan de uitgangsspanning of enkelzijdig worden aangeboden aan de massa of differentieel worden aangeboden aan de elektroden op de omkapseling. Een stabiliteitsanalyse heeft echter aangetoond, dat de enkelzijdige terugkoppel-structuur de beste papieren heeft. De uitlees- en terugkoppelsignalen zijn gescheiden in het frequentiedomein. Een hoogfrequent signaal wordt gebruikt om de positie van de massa te bepalen en een laagfrequent signaal wordt gebruikt om de terugkoppelkrachten aan te bieden. Om de invloed van foutbronnen te evalueren, zijn deze gescheiden in offset, ruis en thermisch gedrag. Een vergelijking is gemaakt tussen een open-lus sensor en een gesloten-lus sensor. Deze vergelijking toont aan dat de gesloten-lus (servo) sensor een beter gedrag vertoont in termen van offset en thermisch gedrag en dezelfde spectrale ruisverdeling heeft als de open-lus sensor, alhoewel door de grotere bandbreedte de totale ruis groter is.

Hoofdstuk 4:

De toegepaste fabricage methode is compatibel met een standaard bipolair proces. Gedurende het eerste gedeelte van het proces worden elektronische circuits gerealiseerd.

Vervolgens wordt de silicium wafer zodanig in een KOH oplossing geëtst, dat de massa's worden gevormd. Omdat de etssnelheid van de {111}-vlakken in KOH veel langzamer is dan die van de {100}-vlakken, resulteert deze anisotropische ets in massa's, die de vorm hebben van een afgestompte piramide. Op de hoeken van de massa's zijn echter veel vlakken te zien, welke een hogere etssnelheid hebben dan de {111}-vlakken. Dit heeft tot gevolg, dat compensatiestructuren nodig zijn, om de vorm van de massa te behouden. Vanaf deze fabricagestap zijn de massa's opgehangen aan een dun membraan, welke later nog geëtst wordt om de ophangingsbalkjes te realiseren. Tegelijkertijd worden de Pyrex-glas omkapselingswafers geprocessed. De kleine ruimtes, welke nodig zijn tussen de beweegbare massa en de omkapseling, worden gerealiseerd door de Pyrex wafers te etsen in een gebufferde waterstoffluoride oplossing, waarbij standaard fotogevoelige lak wordt gebruikt als masker. De grote onderetsing van 1:25 verzekert een goede stapbedekking van de rand door de elektrode, zodat deze buiten de geëtste holte aangesloten kan worden. De onderste omkapseling wordt vervolgens aan de silicium wafer gehecht, door middel van anodisch bonden. Na deze stap is de sensor al zwaar overgedempt door de lucht in de kleine ruimte tussen de massa en de omkapseling. Door de RIE-ets, welke de ophangingsbalkjes definieert, na deze anodische bondstap uit te voeren, is de opbrengst van het proces zeer hoog. De laatste stappen zijn het anodisch bonden van de bovenste glas omkapseling en het zagen.

Hoofdstuk 5:

De elektronische circuits, welke nodig zijn voor de realisatie van de servo-versnellingssensor zijn een ladingsversterker om de massaverplaatsing om te zetten in een hoogfrequent amplitude-gemoduleerd signaal, een synchrone detector om deze amplitude te meten en een regelbare versterker om de terugkoppelversterking in te kunnen stellen. De bandbreedte van de ladingsversterker is groter dan 10 MHz, zodat een relatief hoge detectiefrequentie van 1 MHz gebruikt kan worden, om de positie van de massa te meten. Door gebruik te maken van een differentiële ingangstrap, kunnen de elektroden aan de boven- en onderkant van de massa op verschillende spanningen worden ingesteld, zodat elektrostatische terugkoppel krachten naar beide kanten op de massa uitgeoefend kunnen worden. De synchrone detector bestaat uit een analoge vier-kwadrant vermenigvuldiger, gevolgd door een laagdoorlaatfilter. Het laagdoorlaatfilter is nodig om de ongewenste hoogfrequente signalen, welke ontstaan in de vermenigvuldiger, eruit te filteren. Het filter heeft echter ook nog een andere funktie, omdat de bandbreedte van dit filter ook het dynamische gedrag van de servo-sensor bepaalt, omdat er een lineair verband bestaat tussen de bandbreedte van dit filter en de bandbreedte van de servoversnellingssensor. De regelbare versterker bestaat uit een spanning-naar-stroom omzetter met een programmeerbare transconductantie, gevolgd door een stroom-naar-spanning omzetter met een vaste transimpedantie en een regelbare uitgangsspanning. Op deze manier kan de versterking ingesteld worden, door de transconductantie te variëren. De regelbare uitgangsspanning kan gebruikt worden om een zelftest signaal aan de sensor aan te bieden.

* * *

DESIGN FLOW MANAGEMENT IN CAD FRAMEWORKS

K.O. ten Bosch
2 oktober 1995
Promotor: prof. dr. ir. P.M. Dewilde.

Het ontwerpen van complexe elektronische systemen gebeurt tegenwoordig veelal door teams van ontwerpers die hiervoor een scala van geavanceerde software programma's (tools) tot hun beschikking hebben. Om de grote hoeveelheden data die hiermee gemoeid zijn goed te beheren, het grote aantal steeds wisselende tools maximaal te benutten en de samenwerking tussen de individuele ontwerpers goed te laten verlopen, is het noodzakelijk om behalve de ontwerphandelingen zelf ook het gehele ontwerpproces softwarematig te ondersteunen. Dit heeft geleid tot het ontstaan van zogenaamde CAD frameworks, software systemen die een algemene werkomgeving bieden met faciliteiten zoals versie beheer, hiërarchisch ontwerp, het controleren van concurrente toegang tot data en het beheren van verschillende representaties van een ontwerp.

In dit proefschrift beschrijven we een andere veelbelovende CAD framework faciliteit, genaamd design flow management, wat zich laat vertalen als het beheersen van het ontwerpproces met behulp van design flows (ontwerp stroom diagrammen). Het idee achter design flow management is dat de karakteristieken van een ontwerpproces worden beschreven in een design flow, welke als basis dient voor een verdere ondersteuning van de ontwerpactiviteiten. Deze ondersteuning bestaat onder meer uit het volgen en representeren van het ontwerpproces in de context van een design flow, het eventueel afdwingen van de in de design flow vastgelegde beperkingen, het assisteren van de ontwerpers door hen de mogelijke en onmogelijke vervolgstappen te laten zien en het automatisch executeren van delen van het ontwerpproces.

In dit proefschrift ontwikkelen we een design flow (management) systeem dat geschikt is voor een groot aantal verschillende soorten tools en dat de ontwerpers op een voldoende gedetailleerd niveau assisteert. Een andere eigenschap van het design flow systeem is dat ontwerpers noch tool ontwikkelaars gedwongen worden hun werkwijze aan te passen, terwijl ze toch maximaal kunnen profiteren van de voordelen van design flow management. Een laatste eigenschap tenslotte is dat de tijd benodigd om het systeem te configureren zo klein mogelijk is gehouden. Een groot deel van dit proefschrift is gewijd aan het ontwikkelen van een bruikbaar design flow model, dat een aantal constructies biedt om ontwerp processen te beschrijven. We streven naar een model dat algemeen genoeg is om de eigenschappen van zeer verschillende ontwerpprocessen te kunnen beschrijven, flexibel genoeg om ook tools voor welke de karakteristieken vooraf niet kunnen worden bepaald te kunnen beschrijven en expressief genoeg om interessante eigenschappen van het ontwerpproces in detail te kunnen beschrijven. Omdat tools in verschillende ontwerpprocessen kunnen worden gebruikt is het zinvol de constructies voor het beschrijven van de eigenschappen van de individuele ontwerp tools te

scheiden van constructies die het ontwerpproces als geheel beschrijven. Het geheel van constructies van de eerste soort noemen we het tool model.

Voor wat betreft het tool model zijn er twee soorten eigenschappen die in het bijzonder dienen te worden beschreven: de data access karakteristieken van de tools en hoe tools aangeroepen en gecontroleerd dienen te worden. Omdat veel tools gedurende één tool executie meerdere ontwerpfuncties kunnen uitvoeren en omdat tools veelal op meerdere verschillende manieren gebruikt kunnen worden, introduceren we het begrip activiteit als een abstractie van een ontwerp functie van een tool en bieden we constructies om de eigenschappen van tools per activiteit te beschrijven. Waar het tool model is gericht op de beschrijving van de eigenschappen van afzonderlijke tools, richt het design flow model zich meer op de beschrijving van de structuur van een ontwerpproces als geheel. Dit omvat onder meer de afhankelijkheden tussen de verschillende activiteiten van de tools, een hiërarchische organisatie van design flows en informatie over de relaties tussen de data betrokken bij het ontwerp. Het succes van een design flow systeem wordt mede bepaald door de manier van gebruikers interactie, gehanteerd in de design flow user interface. Een belangrijk aspect hiervan is de representatie op basis waarvan interactie plaatsvindt. We komen tot de conclusie dat een zogenaamde colored flow (gekleurd stroom diagram) een bruikbare representatie is. Op basis van deze colored flows definiëren we een aantal nuttige operaties rechtstreeks beschikbaar aan de ontwerpers, zoals het inspecteren van (delen van) de ontwerpstatus, het automatisch afleiden van een colored flow die juist die delen van de ontwerpstatus laat zien waarin de ontwerper het meest geïnteresseerd is en het definiëren en executeren van zogenaamde design schedules (ontwerp schema's).

Naast de theoretische onderbouwing van het design flow systeem beschrijven we in dit proefschrift tevens een implementatie van dit systeem in het reeds bestaande Nelsis CAD framework, ontwikkeld aan de technische universiteit Delft. Om naadloos met het Nelsis CAD framework te kunnen samenwerken, moeten sommige van de algemene design flow concepten verfijnd worden. Dat dit alles ook daadwerkelijk een bruikbaar systeem oplevert, illustreren we aan de hand van een aantal design flows zoals gedefinieerd in verschillende ontwerpsystemen gebruik makend van het Nelsis design flow systeem.

* * *

PERFORMANCE ANALYSIS OF PARALLEL SYSTEMS: A HYBRID APPROACH

H. Jonkers
2 oktober 1995
Promotor: Prof. ir. G.L. Reijns

In een groot aantal toepassingsgebieden moeten grootschalige numerieke problemen worden opgelost. Het grote aantal berekeningen dat daarvoor uitgevoerd moet worden maakt het vaak onmogelijk om dat met traditionele (uniprocessor) computers in acceptabele tijd te doen. De enige mogelijkheid is dan het gebruik van parallelle verwerking, met als doel de totale rekentijd terug te brengen door het rekenwerk te verdelen over meerdere processoren.

Het blijkt echter dat de versnelling die op deze manier wordt behaald in de praktijk vaak achterblijft bij de verwachting. Hiervoor zijn vele oorzaken aan te wijzen. Een aantal van deze oorzaken spelen op programmaniveau. Sommige programmafragmenten zijn inherent sequentieel, d.w.z. ze kunnen niet opgedeeld worden in parallel uit te voeren delen. Een ongelijkmatige verdeling van de werklast over de beschikbare processoren kan de te bereiken versnelling ook beperken. Tevens kunnen er wachttijden optreden als gevolg van synchronisaties tussen processen. Andere belangrijke factoren die de te bereiken versnelling beperken treden op op machineniveau. Voorbeelden zijn extra vertragingstijden als gevolg van communicatie tussen processoren, en conflicten als gevolg van het gemeenschappelijk gebruik van o.a. processoren, geheugens, en het netwerk dat processoren onderling of processoren en geheugens met elkaar verbindt.

Door de wisselwerking van al deze factoren is het vaak moeilijk om te voorspellen wat de prestatie (de snelheid, meestal uitgedrukt als de totale executietijd van een gegeven programma op een gegeven machine) zal zijn. Om echter het ontwerp van een parallelle applicatie te optimaliseren, d.w.z. de juiste keuzes te maken wat betreft bijvoorbeeld de te gebruiken machine, de systeemparameters, de programmaparameters, de partitioneringsstrategie en de scheduling, is het noodzakelijk om van tevoren aan te kunnen geven wat het effect van deze keuzes zal zijn. Om dit mogelijk te maken wordt gebruik gemaakt van prestatiemodellen. Evaluatie van deze modellen, door middel van hetzij simulatie, hetzij analytische oplostechnieken, levert een voorspelling op van de executietijd van een gegeven parallel programma op een gegeven parallelle machine. Een nadeel van simulatie is dat het erg tijdrovend is. Bovendien levert elke simulatie-run over het algemeen slechts één enkele uitkomst op uit het bereik van mogelijke uitkomsten, waardoor meerdere runs nodig zijn (soms een zeer groot aantal, als de variantie in de executietijd groot is) om de gemiddelde uitkomst te bepalen.

Voor het voorspellen van de prestatie van traditionele computers wordt vaak gebruik gemaakt van wachtrijmodellen. Als aan een aantal voorwaarden wordt voldaan (zodat het netwerk separabel is), bestaan er efficiënte (numerieke) analytische oplosmethoden voor deze modellen, bijvoorbeeld mean value analysis (MVA). Wachtrijmodellen hebben echter een belangrijke beperking: synchronisaties, zoals deze voorkomen in parallelle programma's, kunnen er niet in beschreven worden. Veel statische analysemethoden, bijvoorbeeld gebaseerd op taakgrafen, houden geen rekening met conflicten als gevolg van het gemeenschappelijk gebruik van resources (contentie). Er bestaan modelleerformalismen die krachtig genoeg zijn om deze beide effecten te beschrijven, zoals Petrinetten. De analyse van modellen uitgedrukt in een

dergelijk formalisme is echter erg rekenintensief. Dit is een gevolg van een fundamentele uitruil: een grote modelleerkracht leidt tot een lage efficiëntie, en omgekeerd.

Het doel van ons onderzoek is het in kaart brengen van algemeen bruikbare technieken voor prestatie-analyse van parallelle en gedistribueerde systemen, en het ontwikkelen van nieuwe modelleer- en analysemethoden uitgaande van de beperkingen en nadelen van bestaande technieken. Een aanpak die verschillende onderzoekers hebben gekozen is de combinatie van wachtrij-modellen voor het modelleren van de machine en taakgraafmodellen voor het modelleren van het programma. Een dergelijke hybride aanpak heeft verschillende voordelen. Door het complementaire karakter van wachtijmodellen en taakgrafen kunnen zowel contenties als taaksynchronisaties gemodelleerd worden. Bovendien levert de scheiding van programma en machine op modelniveau over het algemeen beter leesbare modellen op, en het bevordert de herbruikbaarheid van modellen. Bestaande hybride aanpakken hebben echter een aantal belangrijke nadelen. In de eerste plaats gaan de meeste uit van exponentieel verdeelde tijden op taakniveau. Het blijkt dat deze aanname voor de meeste praktische applicaties niet terecht is; dit kan in sommige gevallen tot vrij grote afwijkingen leiden. Een tweede nadeel is dat het construeren van modellen van grote systemen vaak een moeizaam proces is, omdat ieder systeemelement door een afzonderlijk modelelement gerepresenteerd moet worden. Tenslotte is de toepasbaarheid van sommige methodieken beperkt tot een bepaalde subklasse van problemen (bijvoorbeeld alleen taakgrafen met een serie-parallelstructuur), of is de hoogte van de analysekosten nog steeds onaanvaardbaar.

De door ons ontwikkelde methodologie, Glamis, wijkt op een aantal belanggrijke punten af van bestaande technieken. In de eerste plaats wordt uitgegaan van deterministische tijden op taakniveau. Op wachtrijniveau kunnen de bedieningstijden echter wel exponentieel verdeeld zijn (in sommige gevallen is deze aanname zelfs noodzakelijk). Ook in dit opzicht vertegenwoordigt Glamis dus een hybride aanpak: een probabilistische techniek op machineniveau wordt gecombineerd met een deels deterministische techniek op programmaniveau. Hoewel taaktijden in werkelijkheid niet altijd volledig deterministisch zijn, blijkt dit in een groot aantal gevallen een betere benadering te zijn dan exponentiële taaktijden. Een bijkomend voordeel is dat deze aanname een efficiëntere analyse toelaat.

Naast dit essentiële verschil met eerdere technieken heeft Glamis een aantal andere eigenschappen die het modelleren vergemakkelijken en de analysekosten verminderen. Ten eerste biedt de methodologie bouwstenen voor replicatie, zowel op programmaniveau als op machineniveau. Hiermee wordt bereikt dat systemen die een hoge graad van symmetrie bezitten, wat bij parallelle applicaties meestal het geval is, veel eenvoudiger gemodelleerd kunnen worden. Bovendien kunnen de analysekosten vaak sterk gereduceerd worden door gebruik te maken van replicatie. Als laatste resulteert het in veel gevallen in modellen die beter schaalbaar zijn. Een ander belangrijk uitgangspunt in Glamis is de scheiding tussen programmamodellen en machinemodellen. In gerelateerde hybride aanpakken zijn programmamodellen over het algemeen nog machine-afhankelijk, doordat de werklast uitgedrukt wordt in termen van de belasting op de machine-resources. In Glamis wordt op taakniveau gespecificeerd hoe vaak elke instructie uit een bepaalde (logische) instructieset wordt uitgevoerd. De koppeling met het machinemodel wordt verkregen door een afbeelding te definiëren van instructies naar resource-belastingen. Deze afbeelding kan gezien worden als het model van de programmeerinterface.

Behalve een nieuw modelleerformalisme biedt Glamis een aantal nieuwe algoritmen voor de analyse van de modellen. De analyse kan onderverdeeld worden in een hoog-niveau (taakgraaf) analyse en een laag-niveau (wachtrijmodel) analyse, die onderling afhankelijk zijn. De analyse op laag niveau bestaat uit het oplossen van een wachtrijmodel met bestaande numerieke algoritmen zoals MVA, of efficiënte benaderingen zoals het Schweitzer-algoritme. Met behulp van het hoog-niveau algoritme wordt de totale executietijd van het programma bepaald, gebruikmakend van de resultaten van het laag-niveau algoritme en rekening houdend met de taaksynchronisaties. Er zijn algoritmen ontwikkeld voor verschillende typen parallelle programma's. Voor de analyse van een enkele parallelle sectie met meerdere soorten taken, of een aaneenschakeling van parallelle secties, zijn twee algoritmen beschikbaar, een iteratieve methode en een directe methode. Een gegeneraliseerde versie van de directe methode maakt de analyse mogelijk van programma's met een willekeurig (statisch) synchronisatiepatroon. Een variant hiervan biedt tevens de mogelijkheid om het effect van kritieke secties op taakniveau te voorspellen. Hiermee kunnen ook in bepaalde gevallen modellen waarin gelijktijdig bezit van meerdere resources voorkomt geanalyseerd worden. Als laatste is er aandacht besteed aan de analyse van programma's waarin conditionele structuren voorkomen. In het kader van dit onderzoek is een aantal gereedschappen ontwikkeld waarin een deel van bovengenoemde algoritmen is geïmplementeerd.

De laatste fase van ons onderzoek is de evaluatie van Glamis, en een vergelijking met andere methodieken voor prestatie-analyse van parallelle applicaties. Hiertoe is een aantal studies uitgewerkt, waarin zoveel mogelijk aspecten van het modelleren en analyseren verwerkt zijn. De prestatievoorspellingen verkregen met onze algoritmen worden vergeleken met simulatieresultaten, en in een aantal gevallen ook met executietijden gemeten op een parallelle machine met gedistribueerd geheugen. Uit de resultaten is gebleken dat de analysemethoden voor een brede klasse van applicaties nauwkeurige voorspellingen opleveren. De relatieve afwijking ligt in vrijwel alle gevallen binnen 10%, en is in veel gevallen beduidend lager. Een vergelijking met gerelateerde aanpakken laat zien dat de analysekosten van Glamis relatief laag zijn. Vooral wanneer het Schweitzer-algoritme wordt gebruikt voor de laag-niveau analyse zijn de methoden goedkoop, terwijl dit nauwelijks ten koste van de nauwkeurigheid gaat. De methodologie kent echter ook een aantal tekortkomingen. De kansverdelingen die zijn toegestaan voor de verschillende tijdsparameters zijn beperkt, met name op taakniveau. Voor bepaalde applicaties zou dit een probleem kunnen vormen. Ook is er geen algemeen bruikbare oplossing gegeven voor het analyseren van

modellen waarin het gelijktijdig bezit van meerdere resources kan voorkomen. Tenslotte zijn nog niet alle beschreven analysemethoden geïmplementeerd. Concluderend kan worden gesteld dat gereedschappen die beschikbaar zijn binnen methodologieën zoals Glamis van groot belang kunnen zijn in een parallelle programmeeromgeving. Nauwkeurige (maar efficiënte) voorspellingen van de executietijd, en van het effect van de vele ontwerpalternatieven die gekozen kunnen worden, stellen de gebruiker in staat om optimale prestaties te behalen voor een ruime klasse van parallelle applicaties.

* * *

MULTI-PROGRAM VIDEO DATA COMPRESSION

G.J. Keesman
3 oktober 1995
Promotor: prof. dr. ir. J. Biemond.

Er is een toenemend aantal systemen voor de transmissie van televisiesignalen dat gebruik maakt van digitale transmissietechnieken. De toepassing van digitale transmissietechnieken is onlosmakelijk verbonden met het gebruik van videodatacompressie, zonder welke digitale transmissie onvoldoende efficiënt en dus te duur wordt. Er kan een onderscheid worden gemaakt tussen videodatacompressie met constante bitrate en met variabele bitrate. Videodatacompressie met variabele bitrate is het meest efficiënt, maar omdat de meeste transmissiemedia een constante transmissiebitrate hebben, wordt meestal compressie met constante bitrate gebruikt. In situaties waarin meerdere videosignalen gelijktijdig worden verzonden, is het mogelijk om de bitrate van alle videosignalen gelijktijdig te regelen. In dit proefschrift wordt een dergelijke situatie aangeduid als een "multi-program environment". De bitrates van de videosignalen kunnen zodanig worden geregeld dat de bitrate voor ieder videosignaal variabel kan zijn, maar wel zodanig dat de som van alle bitrates constant blijft. Een dergelijke regeling wordt in dit proefschrift aangeduid met de term "joint bitrate control". Met behulp van deze techniek is het mogelijk om een verzameling videosignalen over een transmissiekanaal met een constante bitrate te verzenden terwijl de voordelen van compressie met variabele bitrate worden benut.

De techniek van joint bitrate control zou toepassing kunnen vinden in allerlei situaties waarin digitale televisiesignalen worden verzonden.

Twee voorbeelden van toepassingen zijn de volgende. Satelliet-omroep kan of direct ontvangen worden bij de consument thuis (direct-to-the-home satellite broadcasting -DTH-), -of er kan sprake zijn van een kabelkopstation dat het satellietsignaal ontvangt en dat weer doorgeeft op de kabel. Door joint bitrate control toe te passen kan de satelliet efficiënter gebruikt worden. Een alternatieve toepassing is in het geval van "video-nearly-on-demand", waarbij dezelfde film met verschillende begintijden gelijktijdig wordt verzonden. Met behulp van joint bitrate control kunnen meer programma's op een kanaal worden verzonden of kunnen er meer startpunten worden gerealiseerd bij video-nearly-on-demand. Het onderwerp in dit proefschrift betreft de studie van de techniek van joint bitrate control en de studie van mogelijke gevolgen van het gebruik van die techniek voor de infrastructuur. De resultaten uit dit proefschrift zijn eerder gepubliceerd in [42, 43, 90] of zullen binnenkort worden gepubliceerd in [44, 45].

Vrijwel alle voorgestelde systemen voor digitale televisie maken gebruik van de MPEG standaarden voor videodatacompressie. Om deze reden wordt in dit proefschrift gebruik gemaakt wordt van MPEG videocompressie. De principes van MPEG videocompressie zijn gebaseerd op technieken die worden aangeduid met "motion-compensated DCT coding". Details over MPEG videocompressie zijn te vinden in Appendix A, in de standaarddocumenten [103, 104] en in de referenties [51, 52, 40, 72, 106, 107]. MPEG compressie heeft de belangrijke eigenschap dat zowel compressie met een constante als met een variabele bitrate worden toegelaten. Hierdoor is het mogelijk om in een later stadium encoders met joint bit-rate control te introduceren zonder dat de inmiddels geïnstalleerde decoders moeten worden aangepast. Filmmakers en de televisie-omroep wensen een beeldkwaliteit die kijkers niet afleidt van de inhoud van het getoonde signaal. Dit valt te interpreteren als de wens voor een beeldkwaliteit die zoveel mogelijk kijkers tevreden stelt. Deze eis kan op de volgende wijze worden vertaald naar een strategie voor bitallocatie. Het zal onbekend zijn naar welk videosignaal kijkers zullen kijken en het is bovendien onbekend naar welk deel van een beeld kijkers zullen kijken. Een bitallocatie strategie die de "worst-case" beeldkwaliteit optimaliseert, gaat goed om met een dergelijke onzekerheid. Als de beeldkwaliteit als functie van de bitrate een continue stijgende functie is, is de strategie die de "worst-case" kwaliteit maximaliseert dezelfde als de strategie die nastreeft dat de beeldkwaliteit over het hele beeld gelijk is. In het geval van joint bitrate control moet ernaar worden gestreefd dat de kwali teit van alle videosignalen gelijk is.

Hoofdstuk 3 bespreekt de bitrateregeling van één enkele encoder. Voor MPEG encoders wordt de bitrateregeling gesplitst in een globale regeling en een lokale regeling. Globale bitrateregeling betreft het sturen van het aantal bits per beeld. De globale bitrateregeling berekent voor ieder beeld een bitbudget, genaamd de globale target. Deze procedure verdeelt de bits zodanig over opeenvolgende beelden dat de beeldkwaliteit zo constant mogelijk is. Lokale bitrateregeling betreft het sturen van het aantal bits per blok in een beeld zodanig dat de beeldkwaliteit zo constant mogelijk is binnen een beeld. Bovendien moet het totale aantal gebruikte bits voor een beeld overeenkomen met de globale target. In hoofdstuk 3 wordt een lokale bitrateregeling beschreven die bestaat uit een combinatie van een voorwaartse regeling en een teruggekoppelde regeling. De voorwaartse regeling berekent hoe de bits uit de globale target bij benadering moeten worden verdeeld over het beeld. Dit levert het gewenste gedrag op zoals dat wordt gebruikt bij de teruggekoppelde regeling. Bij de teruggekoppelde regeling wordt een foutsignaal berekend uit het verschil tussen het gewenste gedrag

en het werkelijke gedrag. De regelaar, die feitelijk een PI-regelaar is, berekent de instelling van de encoder vervolgens uit dit foutsignaal.

In hoofdstuk 3 komen aspecten aan de orde zoals stabiliteit, adapterende regelaars en nauwkeurigheid van de regelaar. Het blijkt dat er voor de regelaar twee vereisten zijn die leiden tot tegenstrijdige instellingen van de regelaar. Om een zo constant mogelijke beeldkwaliteit te verkrijgen is een regelaar nodig met een kleine versterking. Echter om de globale target zo nauwkeurig mogelijk te behalen is een regelaar met een hoge versterking gewenst. Het gebruik van een voorwaartse regelaar biedt het voordeel dat een grotere versterking kan worden gebruikt terwijl toch een vrijwel constante beeldkwaliteit kan worden bereikt. Met de voorgestelde voorwaartse regeling kunnen de globale targets tot op fracties van procenten nauwkeurig gehaald worden.

In het vervolg van het proefschrift wordt aangenomen dat joint bitrate control wordt geïmplementeerd op het niveau van de globale regeling. Hierdoor is de lokale regeling volkomen identiek voor zowel het coderen van individuele videosignalen als voor het gezamenlijk coderen van meerdere videosignalen.

In hoofdstuk 4 wordt het gedrag van compressiesystemen met joint bitrate control bestudeerd. De analyse in dit hoofdstuk is gebaseerd op een model van de relatie tussen de te verkrijgen beeldkwaliteit, de bitrate en de complexiteit van het te coderen beeld. In de berekeningen wordt wederom een bitallocatie verondersteld die een gelijke beeldkwaliteit in alle gelijktijdig gecodeerde videosignalen nastreeft. Deze beeldkwaliteit kan overigens nog wel anders zijn op verschillende tijdstippen. Aangenomen is dat de prestatie van een systeem met joint bitrate control kan worden gemeten in termen van het percentage van de tijd dat de beeldkwaliteit beneden een bepaalde drempel ligt. Dit wordt aangeduid met de "failure probability", ofwel de faalkans. De faalkans wordt gebruikt bij de analyse van een aantal situaties. In de situatie waarin de beschikbare bitrate gemiddeld per videosignaal constant wordt gehouden, wordt gevonden dat de faalkans bijna exponentieel afneemt als het aantal programma's dat wordt gecodeerd met een joint bitrate control toeneemt. De te behalen winst door het gebruik van joint bitrate control is al significant te noemen bij twee of meer videosignalen. In de situatie waarin de faalkans constant wordt gehouden voor een toenemend aantal programma's, wordt gevonden dat de gemiddelde bitrate benodigd voor ieder videosignaal lager wordt. In dit geval wordt de grootste winst behaald als we overgaan van onafhankelijk coderen van twee videosignalen naar het gezamenlijk coderen van twee videosignalen. Als het aantal videosignalen toeneemt convergeert de benodigde gemiddeld beschikbare bitrate per videosignaal naar die bitrate die nodig is voor het onafhankelijk coderen van een videosignaal met een variabele bitrate.

In hoofdstuk 5 worden resultaten besproken van experimenten met een elementair compressiesysteem met joint bitrate control. Uit de experimenten blijkt dat de voordelen zoals voorspeld in hoofdstuk 4 inderdaad zijn waar te nemen. De voordelen van joint bitrate control zijn waargenomen voor twee, drie en vier videosignalen. Zo is bijvoorbeeld gevonden dat de variaties in de beeldkwaliteit afnemen naarmate het aantal gezamenlijk gecodeerde videosignalen toeneemt. Hiermee wordt ook de faalkans kleiner met een toenemend aantal videosignalen. Ook is het verschijnsel waargenomen dat de grootste winst te behalen valt als wordt overgegaan van het individueel coderen van videosignalen naar het gezamenlijk coderen van twee videosignalen, zoals was voorspeld in hoofdstuk 4. Er wordt in hoofdstuk 5 ook aangetoond dat het bufferingsysteem, dat zowel in de encoder als in de decoder zit, zo kan worden ontworpen dat er geen beperkingen aan de toegelaten variaties in bitrate behoeven te worden gesteld. Wel zal de tijdvertraging die het videosignaal ondervindt, iets groter zijn dan in het geval waarin individuele programma's worden gecodeerd. Dit betekent dat de voorspelde winsten ook in werkelijke systemen kunnen worden gerealiseerd. Een van de gevolgen van het gebruik van joint bitrate control kan het volgende zijn. Er kan de behoefte bestaan om videosignalen gecodeerd met joint bitrate control te scheiden in een kabeltelevisiekopstation. Zo'n scheiding wordt veelal aangeduid met de term "re-multiplexing". Na de scheiding zal de som van de bitrates meestal niet meer constant zijn. Dit is iets wat ongewenst is. Er is een behoefte om de bitrates zodanig om te zetten dat de som van alle bitrates weer constant is.

In hoofdstuk 6 wordt een systeem beschreven dat bitrates converteert. Zo'n systeem wordt aangeduid met de term "transcoder" en de conversie wordt aangeduid als "transcoding". In essentie bestaat een transcoder uit een gecascadeerde decoder en encoder. Er wordt in het hoofdstuk aangetoond dat deze gecascadeerde decoder en encoder in sterke mate kan worden vereenvoudigd door elementen van de decoder en encoder te combineren. Het is bijvoorbeeld mogelijk om dezelfde macroblokmodes en dezelfde bewegingsvectoren te gebruiken in de gecascadeerde decoder en encoder. Het blijkt dat de complexiteit van de transcoder overeenkomt met de complexiteit van een decoder die is voorzien van een extra kwantisator, dekwantisator, DCT en een extra VLC. De hoeveelheid geheugen is dezelfde als die van de decoder.

In hoofdstuk 6 wordt ook een analyse gemaakt van het te verwachten extra verlies in beeldkwaliteit tengevolge van het opnemen van een transcoder in de transmissieketen. Het blijkt dat dit extra verlies voornamelijk wordt veroorzaakt door het twee keer uitvoeren van de kwantisatieoperatie, één maal in de encoder en één maal in de transcoder. De extra verliezen blijken het grootst te zijn als de ingangs- en uitgangsbitrate van de transcoder ca. 20-30% verschillen. Deze extra verliezen zijn echter in alle gevallen beperkt.

* * *

WIRELESS CHANNEL MODELING AND CODE DIVISION MULTIPLE ACCESS FOR INDOOR COMMUNICATIONS

H. Nikookar
3 oktober1995
Promotor: prof. dr. ir. L.P. Ligthart

In de afgelopen jaren heeft draadloze communicatie een aanzienlijke groei doorgemaakt. Wereldwijd groeien onderzoek naar en ontwikkeling van radio communicatie exponentieel, resulterend in een groot aanbod van draadloze produkten op de markt. Digitale communicatie, eerst gebruikt in militaire toepassingen wegens de bestendigheid tegen storing en afluisteren, is nu hard op weg naar commerciële toepassingen. De superioriteit van de prestatie van digitale communicatie systemen boven analoge, samen met de technologische vooruitgang op het gebied van solid-state micro-elektronica, hebben deze trend ondersteund. Het gebruik van digitale technieken in draadloze communicatie, die een goede kwaliteit bieden en lage kosten hebben maar ook diensten aanbieden aan een groot aantal gebruikers, biedt goede vooruitzichten op de realisatie van ongelimiteerde "Personal Communication Services (PCS)". Draadloze "indoor-communicatie" is de transmissie van spraak en data naar mensen die zich bewegen binnen gebouwen, woonwijken, supermarkten, winkelcentra, enzovoort. Het omvat zowel de verbinding binnen een gebouw tussen draagbare computers, zicht systemen, kassa's, etc. als de communicatie tussen vaste basis stations en bewegende robots in een produktie- of fabrieksomgeving. Indoor-communicatie speelt een sleutelrol in de implementatie van het PCS.

Draadloze indoor-communicatie staat bloot aan "meerweg fading", dat de prestatie van het systeem ernstig verslechtert. Het modelleren van het "indoor propagatie kanaal" maakt het mogelijk om de zender en ontvanger zo te ontwerpen dat het effect van fading wordt gereduceerd. Daarom is een gedetailleerde karakterisering van het radiopropagatiekanaal een belangrijke vereiste voor het succesvol ontwerpen van "indoor draadloze communicatie systemen". In het eerste deel van deze dissertatie, dat de hoofdstukken 1-4 omvat, wordt de statistische modellering en de karakterisering van het indoor radiopropagatiekanaal uitgevoerd. De resultaten zijn gebaseerd op wiskundige analyse, simulatie en metingen. De grote empirische "database" die gebruikt is in deze dissertatie bevat 12000 impuls responsies van het kanaal, verzameld in twee verschillende kantoor omgevingen. Vanwege de grote snelheid waarmee de draadloze communicatie groeit, wordt het nodig om het spectrum efficiënter te gebruiken. Spread spectrum is een techniek die niet alleen efficiënt gebruik van het spectrum biedt (doordat extra gebruikers dezelfde band mogen gebruiken als de andere gebruikers die hetzelfde spectrum al benutten) maar ook fading van het indoor kanaal bestrijdt. In het tweede gedeelte van dit proefschrift, hoofdstukken 5-7, is de prestatie van spread spectrum modulatie technieken geëvalueerd in een indoor-communicatie systeem, waarbij gebruik gemaakt wordt van de eerder genoemde database.

Hoofdstuk 1 beschrijft de wiskundige modellering van het indoor radio propagatie kanaal en de "impuls respons methode". Hoofdstuk 2 beschrijft de details van de meetcampagne, die geleid heeft tot de grote database van de metingen van het indoor draadloze kanaal, het meetplan, de meetprocedure en de meettechniek. Hoofdstuk 3 beschrijft de uitvoering van de statistische modellering van de "signaal amplitude fading". Amplitude-fading in de indoor multipad omgeving kan beschreven worden door verschillende verdelingen, afhankelijk van het gebied bestreken door de metingen, de aan- of afwezigheid van dominerende sterke componenten en enkele andere omstandigheden. De belangrijkste kandidaat-verdelingen zijn beschreven en uitgebreide tests zijn gebruikt om te controleren of deze verdelingen passen bij de amplitudeverdeling van de grote empirische database. Het is bekend dat de prestatie van digitale communicatie systemen in multipad omgevingen erg gevoelig is voor de statistische eigenschappen van de fase van het ontvangen signaal. Daarom rapporteert hoofdstuk 4 de resultaten van de diepgaande modellering van de veranderingen van de ontvangen signaal-fase voor digita le transmissie binnen gebouwen. Er worden twee fase-modellen voorgesteld en in detail bestudeerd. De prestatie van deze modellen zijn geëvalueerd door middel van uitgebreide computer simulaties en door gebruik te maken van de database.

Hoofdstuk 5 bestudeert "direct sequence spread spectrum" in de multipad fading indoor kanaalomgeving en evalueert de prestatie ervan met behulp van de gemeten data. De "multicarrier modulatie techniek", die het spectrum efficiënter gebruikt, is onderzocht in hoofdstuk 6. Bij deze parallelle transmissie techniek overlappen de spectra van de sub-kanalen elkaar terwijl aan de orthogonaliteit voldaan is, resulterend in de spectrale efficiëntie. De voordelen van deze techniek en speciaal de bestrijding van de frequentie-selectiviteit van het kanaal zijn verklaard. De prestatie van de multicarrier transmissie is geëvalueerd door gebruik te maken van realistische indoor kanalen. Hoofdstuk 7 combineert de twee technieken (spread spectrum en multicarrier modulatie) om een hoge spectrale efficiëntie en capaciteit te bereiken. Ook hier is de prestatie bekeken voor de gemeten kanalen. Hoofdstuk 8 geeft afsluitende opmerkingen en aanbevelingen voor toekomstig werk.

* * *

SINGLE ELECTRON TRANSPORT AND QUANTUM CONFINEMENT IN SEMICONDUCTOR NANOSTRUCTURES

N.C. van der Vaart
3 oktober 1995
Promotor: prof. dr. ir. J.E. Mooij

In dit proefschrift wordt een experimenteel onderzoek beschreven naar de elektrische eigenschappen van halfgeleider quantum dots. Deze submicron structuren zijn gedefinieerd in het twee dimensionale elektronengas van een GaAs \ AlGaAs halfgeleider struktuur met behulp van gates. Door een negatieve spanning op de gates aan te brengen wordt een geïsoleerd eiland in het 2DEG gevormd. Dit eiland, of quantum dot, is zwak gekoppeld aan de reservoirs door twee tunnelbarrières. Het toevoegen van slechts één elektron laadt de dot op met de elementaire lading e. Dit kost een eindige ladingsenergie $e^2/2C$, waar C de capaciteit tussen de dot en zijn omgeving is. Bij lage temperaturen kan de ladingsenergie de stroom door de dot blokkeren. Hierdoor ontstaan Coulomb oscillaties in de geleiding van de dot als functie van de gatespanning.

De ladingsenergie is alleen maar belangrijk als het aantal elektronen in de dot een goed gedefinieerd geheel getal is. Dit gebeurt als de geleidingen G_1,2 van de toegang en de uitgang van de dot beneden het laatste gekwantiseerde plateau zijn: zonder magneetveld G_1,2 < $2e^2/h$, in het integer quantum Hall regime G_1,2 < e^2/h en in het fractioneel quantum Hall regime G_1,2 < 1/3 e^2/h. Voor deze waarden van de geleiding is de transmissie van de barrières kleiner dan één en is er een eindige kans dat een elektron door de barrières wordt gereflecteerd.

In het integer quantum Hall regime wordt de Coulomb blokkade gebruikt om de verstrooiing van elektronen tussen de Landau niveaus te meten. De tijd tussen twee tunnel gebeurtenissen neemt toe met magneetveld en kan verrassend groot zijn. In hoog magneetveld kan het meer dan 100 s duren voordat een elektron heen en weer tunnelt tussen twee Landau niveaus. Hierdoor is het mogelijk tijdsopgeloste metingen te verrichten aan het tunnelen van enkele elektronen. Tengevolge van deze herverdeling van de lading in de dot, schakelt de geleiding door de dot tussen twee waarden. Als functie van de gatespanning wordt er geschakeld tussen de twee takken van een gesplitste Coulomb oscillatie, terwijl als funktie van het magneetveld schakelgedrag is te zien tussen twee zaagtanden. Het schakelgedrag is periodiek met het toevoegen van een fluxquantum aan de dot. Als functie van het magneetveld treden magneto-oscillaties op met een dubbele periodiciteit. De grootste periode correspondeert met het verwijderen van een elektron uit de dot en kan gezien worden al een magneto-Coulomb oscillatie. De kleinste periode wordt veroorzaakt door de herverdeling van elektronen over de Landau niveaus. De periode van de magneto-Coulomb oscillaties hangt af van het oscillerende Fermi-niveau in de reservoirs, doordat de dot via een capaciteit gekoppeld is aan de reservoirs.

In een kleine dot, met slechts 50 elektronen, worden quantum opsluiteffecten bestudeerd. In het lineaire regime treden de reguliere Coulomb effecten op, maar als de biasspanning wordt vergroot ontstaat er extra struktuur op de oscillaties. Dit wordt veroorzaakt door een samenspel van de Coulomb effecten en het discrete energiespectrum in de dot. De stroom-spannings karakteristieken vertonen een Coulomb-trap met twee periodes. De grootste periode wordt bepaald door de energie om een elektron aan de dot toe te voegen. De kleinste periode correspondeert met de energie om een elektron van uit de grondtoestand naar een hoger energie niveau te exciteren. Het tunnelen tussen twee dots is in twee verschillende limieten bestudeerd. Eerst hebben we twee dots gebruikt waarvan de effectieve toestandsdichtheid continu is. De overgang van zwak naar sterk gekoppelde dots gaat gepaard met de overgang van Coulomb oscillaties met een regelmatige periode naar oscillaties met een dubbele piekstruktuur. Dit effect kan begrepen worden in termen van capaciteiten, maar dit model verwaarloost ladingsfluctuaties tengevolge van het tunnelen tussen de dot. We hebben de amplituden van de oscillaties onderzocht als functie van de temperatuur. De data is kwalitatief in overeenstemming met een recent theoretisch model dat ladingsfluktuaties wel meeneemt in de berekening.

In een tweede experiment is een kleinere dubbele dot gebruikt om quantum opsluiteffecten te bestuderen. Transport door de dubbele dot, met slechts 25 en 50 elektronen in de twee dots vertoont resonanties tengevolge van resonant tunnelen door twee energieniveaus. In het zwak gekoppelde regime kan er alleen maar stroom door de twee dots lopen als twee discrete energieniveaus, één in elke dot, oplijnen. In de stroom-spannings karakteristieken zijn hierdoor zeer scherpe pieken zichtbaar. De vorm van deze resonanties is een Lorentziaan waarvan de breedte alleen maar wordt bepaald door de intrinsieke breedte van de energie niveaus; de temperatuur van de reservoir speelt geen rol zolang de thermische energie kT kleiner is dan de opsplitsing van de discrete energieniveaus.

* * *

EQUALIZATION OF LINEAR TIME-DISPERSIVE INTRA- AND INTERBUILDING RADIO DATA CHANNELS

A. Zigic
6 oktober 1995
Promotor: prof. dr. J.C. Arnbak

Door de komst van draadloze communicatiesystemen binnen gebouwen, is er een "nieuw" medium ontstaan, namelijk het indoor-radiokanaal dat gebruikt kan worden om terminals en computers in lokale netwerken met elkaar te verbinden. Uit experimenten blijkt dat indoor-propagatie van radiogolven wordt gekarakteriseerd door grote voortplantingsverliezen, meerweg-effecten, langzame variaties in tijd en fading. Enkele computertoepassingen vereisen zeer hoge signaalsnelheden. Door het toenemen van de datasnelheid veroorzaakt de meerwegpropagatie op het indoor-kanaal intersymbool-interferentie in het detectieproces. Hierdoor wordt de prestatie van het systeem minder. Een algemeen gebruikte methode om meerweg-fading, en dus ook de intersymbool-interferentie, tegen te gaan, is het gebruik van een adaptieve egalisator. In dit proefschrift wordt een 4-Quadrature Amplitude Modulatie communicatiesysteem behandeld met een lineaire adaptieve egalisator die gebruik maakt van de kleinste-kwadraten-methode met één bemonstering, en een decision-feedback adaptieve egalisator die gebruik maakt van de kleinste-kwadraten-methode met meerdere bemonsteringen.

Het probleem wordt op drie manieren aangepakt. Allereerst wordt de prestatie van het systeem met hoge snelheid signalering over dispersieve diversity kanalen met langzame fading geëvalueerd. Hierbij worden de kanalen statistisch gemodelleerd volgens de exponentiële-Rayleigh fading en volgens de Rician fading. Deze modellen zijn gebaseerd op voortplantingsmetingen, die uitgevoerd zijn in een kantoor- en fabrieksomgeving. Ten tweede worden impulsresponsies van de kanalen gebruikt voor voorspellingen, die verkregen zijn uit een computersimulatie, van de prestatie van het systeem. De impulsresponsies van de kanalen zijn gemeten in een gebouw van een onderzoeks-

laboratorium met verschillende propagatie-omgevingen, topografieën en frequenties. Tenslotte wordt er een theoretische prestatie-analyse van het probleem gegeven.

De gemiddelde bitfoutkans (BER) wordt hier gebruikt als de kwaliteitsmaat voor de prestatie-analyse. De grafieken van de gemiddelde bitfoutkans van zowel de gesimuleerde als de gemeten kanalen, geven aan dat met een lineaire egalisator de BER ongeveer een factor tien afneemt bij een SNR = 8 dB in vergelijking tot een kanaal zonder egalisator. De BER wordt nog eens een factor twee gereduceerd bij een SNR = 8 dB. Wanneer als referentie de datasnelheid van de frequency-flat fading genomen wordt, blijkt dat de decision-feedback egalisator de BER kan reduceren tot een genormaliseerde datasnelheid van bijna 4 in het geval van de Rayleigh fading, en tot 2.2, 1 en 0.5 in het geval van Rician fading met Rice-factoren van respectievelijk 2, 6.8 en 11 dB. De foutgrafieken van de gemeten kanalen bereiken hun beste waarden tussen genormaliseerde datasnelheden van 2 en 3. Het werkelijke minimum is afhankelijk van de grootte van de kamer en de opstelling.

Voor datasnelheden met hogere waarden dan waar de BER minima gevonden worden, neemt de prestatie van het systeem af als of de datasnelheid, of de meerwegspreiding toenemen. Dit komt door het negatieve effect van de intersymbool-interferentie, die de winst uit de tijd diversity tegengaat. Bij lage signaal-ruisverhoudingen (SNR <= 12 dB) blijken fouten door te werken in de decision-feedback ontvanger. Wanneer een andere automatische "clear" functie geïmplementeerd wordt in het backward filter van de decision-feedback egalisator, neemt de foutpropagatie significant af, waarbij de BER tot een factor honderd afneemt.

Tenslotte wordt de prestatie van de egalisator vergeleken met de theoretische prestatie van een matched filter voor diversity kanalen met Rayleigh fading; dit geeft een ondergrens voor alle methoden die intersymbool-interferentie elimineren. De decision-feedback egalisator die correcte symbolen teruggekoppeld krijgt en die beter presteert dan zowel de lineaire egalisator als de decision-feedback egalisator die gedetecteerde symbolen teruggekoppeld krijgt, blijkt ongeveer een factor twee minder te presteren dan de ideale diversity combinerende ontvanger. Deze factor is de theoretische grens voor mogelijke prestatieverbetering, waarbij veel complexere ontvangers met maximum likelihood detectoren worden gebruikt.

* * *

SELECTIVE EPITAXIAL GROWTH FOR SMART SILICON SENSOR APPLICATIONS

M. Bartek
16 oktober 1995
Promotor: prof. dr. ir. S. Middelhoek

Dit proefschrift presenteert de theorie, optimalisatie en karakterisatie van de Selectieve Epitaxiale Groei (SEG) van silicium voor toepassing in intelligente silicium sensoren. Het potentieel van deze techniek wordt aan de hand van enkele toepassingen gedemonstreerd. Hoofdstuk 1 beschrijft het begrip "intelligente silicium sensoren" en introduceert de basisideeen van fabricagekompatibiliteit voor de samenvoeging van de sensorfabricage enerzijds en de fabricage van micro-elektronische schakelingen anderzijds. In dit hoofdstuk wordt het concept van het gebruik van de SEG-techniek voor onafhankelijke optimalisatie van sensor- en circuit-fabricage geïntroduceerd.

Hoofdstuk 2 introduceert de theorie van de (selectieve) epitaxiale groei van silicium in een chemisch dampdepositiesysteem (CVD - Chemical Vapour Deposition). De kristallografische structuur van silicium en het optreden van kristaldefecten in epitaxiale lagen worden eveneens behandeld. Hoofdstuk 3 beschrijft de experimentele resultaten. Het standaard SEG-proces wordt geoptimaliseerd om een uniforme en patroonongevoelige groei te bereiken. De gevoeligheid van de groeisnelheid voor de groeiomstandigheden wordt geanalyseerd. Verder worden de groeiselectiviteit en de groeimorfologie onderzocht. De algemene conclusies voor het layout-ontwerp en de optimale groeiomstandigheden worden gepresenteerd. De resultaten laten zien dat de commerciële epitaxiale reactoren, zoals die werden gebruikt in deze studie, geschikt zijn voor het SEG-proces.

Hoofdstuk 4 beschrijft modificaties van de SEG-basistechniek. Deze zijn de SEG trench-fill, epitaxiale laterale overgroei (ELO), samenvoegde (merged) epitaxiale laterale overgroei (MELO), begrensde (confined) selectieve epitaxiale groei (CSEG), selectieve depositie van polysilicium en niet-selectieve epitaxiale groei. Al deze technieken kunnen worden gebruikt om de flexibiliteit van de fabricage van IC's te verhogen. De elektrische karakterisatie van SEG-silicium wordt beschreven in hoofdstuk 5. Er wordt aangetoond dat de <110>-oriëntatie van de SEG-randen op een (001)-plak verantwoordelijk is voor de elektrische degradatie van geïntegreerde actieve elementen. Een juist ontwerp resulteert in bijna dezelfde kwaliteit van SEG-silicium als bij conventionele epitaxiale groei. Hoofdstuk 6 beschrijft specifieke en algemene toepassingen van SEG. Een silicium kleurensensor, gebaseerd op het standaard-SEG-proces, is met succes gefabriceerd en gedemonstreerd. De SEG trench-fill-techniek en CSEG-techniek zijn gebruikt om met standaard bipolaire processen geïntegreerd te worden. De anisotrope groeieigenschappen van de SEG techniek zijn ook geschikt voor bulk- en surface micromachining-toepassingen, wat gedemonstreerd wordt met de automatische ELO-etsstoptechniek en de SEG-planarisatietechniek. Het potentieel van de selectieve en niet-selectieve polysiliciumdepositie in een epitaxiale reactor wordt gedemonstreerd aan de hand van de fabricage van adaptieve microspiegels. Hoofdstuk 7 vat de voordelen en nadelen van de SEG samen en geeft de algemene conclusies over SEG-proces en de toepassing ervan in geïntegreerde silicium sensoren. Kompatibiliteitsproblemen en de economische aspecten van het SEG-proces komen ook kort aan de orde.

* * *

PLASMA ETCHING FOR INTEGRATED SILICON SENSOR APPLICATIONS

Y.X. Li
16 oktober 1995
Promotor: prof. dr. ir. S. Middelhoek

Door de integratie van sensoren en actuatoren met signaalverwerkende circuits op een enkele silicium chip, kunnen geïntegreerde complete informatie verwerkende systemen worden gefabriceerd van hoge kwaliteit tegen lage kosten. Silicium micromachining is een essentiële proces stap bij de fabricage van verschillende micromechanische structuren in silicium, die nodig zijn voor geïntegreerde siliciumsensoren. Plasma etsen, een sleuteltechniek bij het overbrengen van patronen tijdens de fabricage van geïntegreerde circuits, is een zeer belangrijk alternatief voor de natte, chemische etstechnieken die vanouds de micromechanica domineren. Dit komt door de voordelen die plasma-etsen biedt ten opzichte van het traditionele natte etsen; zoals de zeer kleine afmetingen van de structuren (˜ mm) en het etsen onafhankelijk van de kristaloriëntatie van het substraat. Het eerste punt is van belang bij surface-micromachining. Het laatste geeft meer flexibiliteit bij bulk-micromachining. Verder biedt plasma-etsen unieke mogelijkheden doordat door de droge ets enkele fundamentele problemen van het natte etsen, zoals sticking, voorkomen kunnen worden. In dit proefschrift worden plasma-etstechnieken gepresenteerd die zijn ontwikkeld voor de fabricage van geïntegreerde siliciumsensoren.

Hoofdstuk 1
In dit hoofdstuk worden de mogelijkheden van geïntegreerde siliciumsensoren behandeld en wordt de snel groeiende micromachiningtechnologie toegelicht. Een overzicht wordt gegeven van de drie voornaamste silicium micromachining-technieken, namelijk: bulk-micromachining, surface-micromachining en wafer-to-wafer bonding. Ook worden enkele opkomende technieken behandeld, zoals micromachining door gebruik te maken van SOI substraten, poreus silicium, epitaxiale, laterale overgroei en ion-beam of laser ondersteund etsen. De noodzaak van het gebruik van plasma-etsen voor micromachining wordt behandeld, evenals de motivering voor plasma-etsonderzoek voor deze toepassing.

Hoofdstuk 2
In dit hoofdstuk worden een aantal theoretische en praktische aspecten van plasma-etstechnieken besproken. Na een korte introductie in de basiseigenschappen van plasma's worden de twee meest belangrijke processen in een plasma in detail behandeld; te weten het ontstaan van reactieve elementen en het ontstaan van self-bias aan de RF elektrode. Mechanismen die verantwoordelijk worden geacht voor het etsproces worden behandeld en enkele typische voorbeelden van plasma-reactoren worden beschreven. Ook wordt er aandacht besteed aan de belangrijkste plasma samenstellingen, waaronder plasma's in welke fluor dominant is, onverzadigd etsen en etsen op basis van chloor/broom. De meest belangrijke ontwikkelingen op het gebied van plasma-etsen voor micromachining, zoals die beschreven worden in de literatuur, worden ook samengevat in dit hoofdstuk. Verder worden de wijze van procesbeheersing en een methode voor procesoptimalisatie beschreven. Als laatste worden mogelijke problemen toegelicht die tijdens het plasma-etsen op kunnen treden.

Hoofdstuk 3
Dit hoofdstuk beschrijft de plasma-etsprocesontwikkeling voor het aanbrengen van het patroon in een meerlaags structuur samengesteld uit polysilicium/siliciumnitride/polysilicium, welke wordt toegepast als membraan in een surface-micromachined tactiele sensor en in een instelbaar interferentiefilter. Een siliciumnitride plasma-ets is ontwikkeld die selectief is ten opzichte van polysilicium, door gebruik te maken van een CHF_3 + N_2 gasmengsel. Het proces bestaat uit verschillende stappen om de gestapelde structuur te etsen. Een plasma bestaande uit; CF_4 + SF_6 + 0_2 is gebruikt om de bovenste polysilicium laag te etsen en een CHF_3 + N_2 plasma voor het etsen van het nitride. Hierdoor worden de twee bovenste lagen geëtst en wordt de aantasting van de onderste laag tot een minimum beperkt. Echter, een dun polymeer zal zich vormen op de onderste polysilicium laag, als gevolg van de nitride ets met CHF_3 en N_2. Dit zal een elektrische isolatie veroorzaken tussen deze polylaag en de daarna gedeponeerde geleidende laag. Een extra processtap volgende op de nitride plasma-ets bestaande uit een in-situ O_2 plasma behandeling, was voldoende om dit polymeer te verwijderen.

Hoofdstuk 4
Twee planarisatie technieken voor surface-micromachining worden beschreven die gebruik maken van plasma-etsen. Een lokale planarisatietechniek is ontwikkeld voor de verbetering van de stapbedekking van structurele lagen over hoge stappen van het sacrificial PSG. De techniek behelst het deponeren van een extra PSG laag gevolgd door terugetsen met behulp van een anisotropische plasma-ets. Extra PSG zijwanden vormen zich langs de rand van het PSG patroon die de originele scherpe randen afronden. Een CHF_3 + C_2F_6 plasma is geoptimaliseerd voor het terugetsen. Door gebruik te maken van een fotolaklaag en terugetsen met plasma, is een globale planarisatie techniek verkregen die geëtste sleuven kan vullen met PSG. Er wordt een patrooninverterende fotolak gebruikt en optimale omstandigheden zijn bepaald voor het aanbrengen van het patroon in de fotolak en het uitbakken. De plasma terugets maakt gebruik van een CHF_3 +C_2F_6 + O_2 mengsel, waarbij de hoeveelheid O_2 wordt gevarieerd om een gelijke etssnelheid van PSG en fotolak te verkrijgen.

Hoofdstuk 5
Dit hoofdstuk beschrijft het monokristallijn silicium plasma-ets proces voor Selectieve Epitaxiale Groei (SEG) en de fabricage van een microtip in silicium waarbij gebruik wordt gemaakt van een CF_4 + Cl_2 mengsel. Het profiel van de zijwand van het silicium etsproces (of de helling) kan worden veranderd en de etsselectiviteit ten opzichte van fotolak of het siliciumdioxide masker kan worden verbeterd door een toename van de hoeveelheid Cl_2 aan het mengsel. Een verticale zijwand voor SEG toepassingen is mogelijk met 10 sccm Cl_2 toegevoegd aan 210 sccm CF_4, gebruikmakend van een samengesteld

masker uit fotolak en oxide. Een gecontroleerde helling voor de silicium microtip is bereikt door een toevoeging van 50 sccm Cl_2 aan 170 sccm CF_4 en het gebruik van een oxide masker.

Hoofdstuk 6
In dit hoofdstuk wordt een silicium micromachining techniek, SIMPLE, gepresenteerd en getest, die gebaseerd is op plasma-etsen. De SIMPLE techniek combineert de voordelen van bulk-micromachining (dikke structurele lagen) en surface-micromachining (kleine laterale dimensies). Het bestaat uit het anisotroop etsen van een licht n-gedoteerde silicium epitaxiale laag en isotroop etsen van een zwaar n-gedoteerde begraven laag met behulp van een Cl_2 + BCl_3 plasma. Hiermee kunnen monokristallijne siliciumstructuren worden verkregen met een grote hoogte-breedte verhouding en kleine onderlinge afstanden (mm) in een enkele plasma etsstap. Deze techniek gebruikt geen natte etsen voor het verwijderen van sacrificial-lagen, waardoor er geen problemen kunnen optreden als sticking. Het proces is compatibel met de fabricage van geïntegreerde circuits en het is dus mogelijk micromechanische structuren te combineren met elektronica op dezelfde chip. De samenstelling van het Cl_2 + BCl_3 plasma is geoptimaliseerd om een maximale, laterale etssnelheid te verkrijgen van de begraven laag, terwijl de ets van de licht n-gedoteerde epitaxiale laag anisotroop blijft.

Hoofdstuk 7
Methodes worden gepresenteerd voor het optimaliseren van plasma-ets processen met behulp van statistisch experimenteel ontwerpen en data analyse. Hierbij wordt SF_6 + O_2 plasma als een voorbeeld gebruikt. Praktische beperkingen bij het ontwerpen van experimenten worden besproken en een aantal veel voorkomende experimentele ontwerpen worden gegeven. Gebruikmakend van orthogonaal ontwerpen, is het SF_6 + O_2 plasma geoptimaliseerd voor het etsen van silicium membranen, wat gebruikt wordt bij de fabricage van veel sensoren gemaakt met bulk-micromachining. Het plasma is verder gekarakteriseerd met behulp van de Response Surface Methodology (RSM). Dit levert een serie kwadratische modellen van de proces gedragingen op als een functie van de invoervariabelen. Met deze modellen als basis wordt met behulp van een meervoudig-doel-optimalisatie-methodologie het plasma proces geoptimaliseerd voor het etsen van sleuven in silicium.

Hoofdstuk 8
In dit hoofdstuk worden de conclusies gepresenteerd die het gevolg zijn van dit onderzoek en worden enkele toekomstperspectieven gegeven.

* * *

CHARACTERIZATION OF MINIATURE DIELECTRIC-FILLED OPEN-ENDED WAVEGUIDE ANTENNAS

M. Tian
16 oktober 1995
Promotor: prof. dr. ir. L.P. Ligthart.

Dit proefschrift beschrijft apertuur problemen (d.w.z. problemen van stralende oppervlakken) van relatief kleine, diëlektrisch gevulde, golfpijp antennes, Microstrip-Like Antenna ˜(MLA). Verscheidene analyse en ontwerp methodes voor MLA worden voorgesteld. Er is een gebrek aan duidelijke ontwerpregels voor kleine golfpijpelementen waarin de invloed van de apertuur-discontinuïteit op het stralingsgedrag inclusief reflectie is verdisconteerd. Kennis is vereist aangaande het gereflecteerde en doorgelaten veld ter plaatse van de apertuur, alsmede de opwekking van modi, gerelateerd aan de in- en uitwendige golfgeleidende structuur en apertuur geometrie.

In dit proefschrift is het onderzoek gesplitst in twee delen: intern (d.w.z. binnen de golfpijp) en extern (buiten de golfpijp) onderzoek. Voor wat betreft het interne onderzoek is de apertuur admittantie met succes bestudeerd. Een reactie integraal is voorgesteld en toegepast middels een variationele methode. Er wordt rekening gehouden met de medium discontinuïteit en randvoorwaarden door gebruik te maken van de velden en vermogensdichtheden aan weerszijden van de apertuur, alsmede met de opwekking van hogere orde modi. De resultaten zijn niet eerder beschreven in de literatuur. Uitstekende resultaten zijn bereikt voor verscheidene golfgeleidende structuren en diëlektrica. Gevonden is, dat de grote misaanpassing tussen de apertuur admittantie en de golfgeleideradmittantie van de MLA hoofdzakelijk te wijten is aan de geringe apertuur hoogte. Tevens heeft het diëlektricum een belangrijke invloed op de apertuur admittantie. De gevolgde aanpak respecteert vermogensbehoud. De studie toont aan dat voor wat betreft de interne aspecten de grond modus altijd domineert in de apertuur admittantie, en in de bijbehorende apertuur reflectie. Ook is theoretisch aangetoond dat de reflectie wordt veroorzaakt door de diëlektrische discontinuïteit en door de apertuur zelf. Dit theoretische model biedt de mogelijkheid tot simulatie en ontwerp van het apertuur aanpassingsnetwerk. De ontwerp aanpak is gecompleteerd voor willekeurige inwendige structuren van de MLA.

De apertuur aanpassing is een cruciaal punt in het MLA ontwerp vanwege de hoge apertuur reflectie. In vergelijking met volledig diëlectrisch gevulde golfpijpen heeft de toegepaste luchtspleet techniek de volgende hoofdkenmerken:

1) De MLA apertuur kan worden aangepast over een brede frequentie band door instelling van de juiste positie en lengte van de luchtspleet in het golfpijpgedeelte zonder dat de fysische parameters van dat deel zelf behoeven te worden veranderd.
2) Naast een eenvoudiger vervaardiging, veroorzaakt de luchtspleet zelf geen hogere orde modi.
3) De S parameter matrix simulatie maakt breedband optimalisatie mogelijk.

Het externe onderzoek betreft het MLA stralingsmechanisme. Een lijnbronmodel (LS), ontwikkeld voor de verklaring van het stralingsgedrag van de MLA, blijkt experimenteel goed te werken, maar een gedegen theoretische onderbouwing ontbreekt. De eindige elementen methode (FEM) is gebruikt ter verificatie van het op eindeffecten

gebaseerde LS model. Alle veld eigenschappen optredend in de nabije omgeving van de MLA apertuur zijn niet eerder beschreven. Afgeleid van de Poynting vector is er sprake van een hoofdzakelijk niet-stralend verdwijnend veld in de apertuur, als direct gevolg van de sterke apertuur reflectie. Tevens zijn er sterke eind effecten aan zowel de zijwanden als aan de boven- en onderkant van de apertuur. Meerdere numeriek bepaalde gegevens (en interpretaties daarvan) tonen aan dat het stralingsmechanisme van de MLA is gebaseerd op lijnbronnen in plaats van apertuur veld integratie. Afhankelijk van de numerieke resultaten, zijn twee nieuwe methodes ontwikkeld teneinde het LS model af te leiden. De toepasbaarheid van de integraal formules, (gebaseerd op de Stratton-Chu vergelijking), is onderzocht. Voor de MLA apertuur, kan de straling alleen goed worden beschreven indien het integratie oppervlak geen exponentieel verdwijnende veldcomponenten bevat. Voor een goede voorspelling van het verre veld is het belangrijk de apertuur velden correct te modelleren. De bovenstaande theoretische aspecten zijn aangetoond en geverifieerd door experimenten. Tal van metingen zijn uitgevoerd. De resultaten van nabije veld meting zowel door middel van het netwerk analyse meetsysteem als door nabije veld bemonsterende antenne metingen, en de verre veld metingen met verschillende apertuur geometrie zijn vermeld. Het lijnbron gedrag van de zijwand uiteinden bij de apertuur is voor de eerste keer waargenomen tijdens nabije veld metingen. Zowel berekening als experiment laten zien dat de uitwendige stromen op het golfpijp oppervlak het gevolg zijn van de sterke diffractie aan de boven- en onderzijde van de apertuur. Dit speelt des te meer naarmate de apertuur hoogte veel kleiner is dan de golflengte. Deze uitwendige stromen dienen zorgvuldig behandeld te worden bij de studie van het MLA stralingsgedrag. De hierbij recentelijk uitgevoerde metingen van het reactieve nabije veld suggereren het doorvoeren van een correctie met betrekking tot de antenne waarmee het veld wordt bemonsterd teneinde nauwkeuriger elektrische veld waarden te verkrijgen.

* * *

OPTO-ELECTRONIC PROCESSING & NETWORKING: A DESIGN STUDY

E.E.E. Frietman
6 november 1995
Promotor: prof. dr. I.T. Young

Massieve parallelle computers die een groot aantal rekenelementen bevatten zullen nodig zijn om onderzoekthema's, zoals het 72 uur van te voren voorspellen van weersveranderingen, het modelleren van het klimaat, het beschouwen van turbulenties in vloeistoffen, het modelleren van supergeleiders en het ontwerpen van nieuwe medicijnen te kunnen bestuderen. Gelet op de gestage toename in complexiteit van de huidige en de toekomstig te verwachten microprocessoren, dit tevens extrapolerend naar de toekomst, zal niet het computervermogen als knelpunt worden ervaren maar eerder de manier waarop de rekenelementen hun resultaten uitwisselen. Immers bij grote aantallen rekenelementen kunnen door buscontentie veroorzaakte communicatiecongesties ontstaan; de z.g. von Neumann bottleneck. De informatie wordt namelijk over één en dezelfde bus getransporteerd. De vraag rijst of interconnectietopologieën, zoals de 'mesh' en de 'cube', moeten worden geoptimalizeerd of dat er pogingen moeten worden ondernomen om het 'fully connect' probleem op te lossen. Het onderzoek in 'Opto Electronic Processing & Networking' heeft zich hoofdzakelijk op het laatste toegespitst. De 'mesh' en de 'cube' zijn een onderdeel van de 'fully connect' en kunnen hier dus direct van worden afgeleid.

'Optical Networking', benaderd vanuit een massief parallel computersysteem, impliceert niet alleen het kiezen van een geschikt transportmedium (glas of polymeerfibers, optische golfgeleiders of vrije ruimte distributies) maar richt zich vooral op de manier waarop het in de optische distributietechnieken opgesloten inherente parallellisme wordt toegepast en benut. Teneinde de efficiëntie van verschillende optische verbindingstechnieken te kunnen bestuderen werd het interconnectiesysteem van de Delft Parallel Processor als uitgangspunt genomen.

Tezamen met het Instituut van Toegepaste Natuurkunde TPD/TNO werd een prototype van een 'image distributor' ontwikkeld waarbij een vrije ruimte projectiemethode werd toegepast om 9 rekenelementen, die elk tegelijkertijd 64 bit produceren, volgens een 'fully connect' methode met elkaar te laten communiceren. Voor de realisatie hiervan werd gebruik gemaakt van in de handel verkrijgbare lenssystemen. Het optische systeem werd gemodelleerd, geanalyzeerd en geoptimalizeerd door simulaties m.b.v. het programma CODE V uit te voeren. In dit prototype betreft het slechts 5184 verbindingen. Voor de optisch naar electrische omzetting werd tezamen met het IC-atelier van de Faculteit Electrotechniek een nieuwe klasse optische schrijfbare en electronische leesbare logische elementen gerealizeerd waarbij het accent vooral lag op de parallelle verwerking van de optisch aangeboden informatie. Er werden zowel prototypen in een bipolair als CMOS procestechniek gerealiseerd. Met het doel om licht emitterende en -ontvangende componenten op een en dezelfde substraat te kunnen integreren werden tezamen met de Universiteit van Gent 'hetero-epitaxial' en 'epitaxial lift off' technieken bestudeerd, wat uiteindelijk moest leiden tot de realisatie van een optisch schrijfbare en leesbare component.

Het modelleren van de fysische modellen - hiervoor werden verschillende procestechnieken bestudeerd - werd verricht aan de hand van simulaties met de programma's PISCES en MEDICI. De electrische eigenschappen werden geverifieerd met het programma (P)SPICE. Experimenten met de 'image distributor' werden uitgevoerd in het Photonics System Autonomous Laboratory van de National Research Council Canada te Ottawa.

* * *

FAST PLAYBACK OF HELICAL-SCAN RECORDED MPEG VIDEO

E.D.L.M. Frimout
28 november 1995
Promotor: prof. dr. ir. J. Biemond

De laatste jaren is er een enorme toename is de beschikbaarheid van hardware voor digitale video compressie. In het bijzonder zijn sinds kort MPEG decoders beschikbaar waarbij de hele decodeer stap door één enkele chip wordt uitgevoerd. Hierdoor wordt de ontwikkeling van een breed scala aan digitale videodiensten gestimuleerd. Enerzijds worden door de integratie van digitale video met communicatie netwerken nieuwe interactieve video toepassingen geïmplementeerd. Voorbeelden hiervan zijn video op aanvraag (VOD: video on demand) en het over een netwerk zoeken in video-databases. Anderzijds worden van de bestaande videodiensten, waar TV de belangrijkste van is, digitale varianten geïmplementeerd. Het belangrijkste voordeel van de digitale video is hier de lagere vereiste bandbreedte.

Men kan dan ook verwachten dat in de nabije toekomst digitale TV transmissie een steeds belangrijkere rol zal gaan spelen en geleidelijk aan de analoge transmissie zal vervangen. Door de mogelijkheid om video met een goede beeldkwaliteit real-time te decoderen zal MPEG-2 op korte termijn de meest gebruikte digitale compressie standaard zijn. Dit blijkt vooral uit de intussen vastgelegde standaarden voor digitale video diensten. Binnen het digitale video scenario van de toekomst neemt een digitale recorder een centrale plaats in. Voor opnemen van een of meer digitaal gecomprimeerde video signalen is helical scan recording een toepasselijke technologie. Het doel van het DART (Digital dAta Recording Terminal) project, dat het raamwerk vormt voor dit proefschrift, is om een helical scan recorder te ontwikkelen voor het brede scala aan te verwachten digitale video diensten.

Vanuit het standpunt van de consument moet een nieuwe digitale video recorder naast het normaal afspelen ook de welbekende trick modes hebben als pauze, slow motion, en versneld afspelen (fast playback). Een video beeld weergeven tijdens fast playback is bijzonder ingewikkeld voor gecomprimeerde digitale video. Dit komt doordat bij een helical scan recorder na het versnellen van de band slechts kleine secties van de opgenomen bitstroom teruggevonden worden. De fysieke positie van deze bitstroom secties op de band is in het algemeen slecht voorspelbaar en hangt af van de fase tussen de scanner en de band. Indien de bitstroom secties willekeurige happen uit de bitstroom vormen kunnen ze in het algemeen niet individueel gedecodeerd worden. Verder is niet voorspelbaar welke delen van het videobeeld ze representeren.

Het is dus noodzakelijk om een methode te ontwikkelen om versneld afspelen van een MPEG gecomprimeerde video opname mogelijk te maken. Een belangrijke eis binnen het DART project is dat de ontwikkelde methode geverifieerd kan worden met een experimentele digitale recorder. In dit proefschrift beschouwen wij MPEG gecomprimeerde standaard resolutie video van 10 Mb/s. Hiervoor wordt een 12.5 Mb/s recorder gebruikt. Twee verschillende benaderingen voor fast playback van een digitale video opname worden beschouwd, namelijk rudimentary fast playback en dedicated-stream fast playback. In de eerste benadering voor het versneld afspelen, die we de rudimentaire benadering noemen, wordt de bitstroom rechtstreeks opgenomen. De hele opgenomen stroom kan voor het normaal afspelen (normal play) gebruikt worden. Voor fast playback gebruiken we de toevallig teruggevonden bitstroom secties uit de normal play stroom om een versneld beeld te reconstrueren. Het grootste deel van de complexiteit van fast playback bevindt zich in deze benadering aan de afspeelkant. De adaptatie laag, tussen de recorder en de decoder, moet tijdens het afspelen de individueel decodeerbare delen (intra slices) verzamelen en hieruit een valide MPEG bitstroom reconstrueren.

De visuele kwaliteit van dit type fast playback is afhankelijk van het aantal intra slices in het normal play signaal en de grootte van de teruggewonnen secties. Het aantal intra slices bepaalt de gemiddelde tijdsduur tussen de bijwerkingen van de beelden van de gereconstrueerde fast playback videosequentie. Het is dus wenselijk om een bitstroom te hebben met veel intra slices en om zo groot mogelijke secties in een keer terug te winnen. In het toekomst scenario van digitale TV zal de recorder echter geen invloed kunnen uitoefenen op de exacte methode van encoderen die door de encoder gehanteerd wordt. Om toch een verbetering van de beeldkwaliteit te bewerkstelligen kan bij de opname een toepasselijke afspiegeling van de bitstroom op de band uitgevoerd worden zodat bij fast playback langere secties teruggewonnen worden. Deze langere secties representeren grotere delen van het beeld. Het bijwerken van grotere beelddelen in een keer resulteert in een significant betere beeldkwaliteit. De tweede fast playback methode maakt gebruik van een specifiek hiervoor opgenomen stroom, de dedicated-stream. De vrije ruimte op de band kan gebruikt worden om deze dedicated-stream op te nemen naast de bestaande normal play stroom. De dedicated-stream kan zonder meer door een standaard MPEG decoder gedecodeerd worden zodat bij het afspelen slechts een zeer beperkte adaptatie nodig is. In plaats hiervan wordt het probleem van het versneld afspelen nu naar de opname adaptatielaag verschoven.

Om te garanderen dat de dedicated-stream bij het versneld afspelen teruggewonnen kan worden voor elke mogelijke fase tussen de scanner en de band is het noodzakelijk om deze een aantal keer op te nemen. Bijvoorbeeld vereist een typisch systeem, bij de snelheid $n=3.0$ ten opzichte van de normal play snelheid, dat drie kopijen van dezelfde dedicated-stream opgenomen worden. De manier waarop de kopijen van de dedicated-stream met de normal play stroom ge-multiplexed worden op de band bepaalt de tape-format. We hebben een methodologie ontwikkeld om, op basis van een model van de teruggewonnen data secties voor gegeven snelheid en fase, een geschikt tape format te ontwerpen voor specifieke versnellingsfactoren. De methodologie kan uitgebreid worden om meerdere stromen voor verschillende snelheidsfactoren op te nemen.

De dedicated-stream voor het versneld afspelen moet een MPEG stroom zijn die slechts een kleine bandbreedte vereist (~1 Mb/s). Er bestaan veel mogelijkheden om deze dedicated-stream uit de normal play stroom te transcoderen. In dit proefschrift stellen wij een aantal codewoord extractie methoden voor. In het bijzonder werd een nieuwe extractiemethode ontwikkeld die de optimale codewoord extractiemethode benadert terwijl de complexiteit slechts weinig hoger is dan die van de traditionele vaste zone extractiemethode die in de literatuur beschreven wordt.

Beide methoden om versneld af te spelen zijn geverifieerd met behulp van de hardware verificatie recorder die in het DART project is ontwikkeld en de speciaal voor dit doel ontworpen hardware adaptatie schakelingen. Het encoderen en decoderen van de MPEG video werd voor deze verificatie off-line uitgevoerd. Voor beide methoden bevestigt de validatie de resultaten van de simulaties. In het bijzonder blijkt na de validatie dat het tape-format voor de specifieke versnelde stroom, dat ontworpen werd op basis van een model, werkt zoals verwacht. De methodologie voor het ontwerpen van een tape-format is flexibel genoeg om het verloop van de snelheidsparameters te compenseren door een additionele kopij van de specifieke stroom op te nemen. Deze extra robuustheid laat vanzelfsprekend een kleinere bandbreedte over voor het specifieke signaal.

* * *

MODEL ADAPTATION FOR IMAGE CODING

M.J.T. Reinders
1 december 1995
Promotor: prof. dr. ir. E. Backer

Recente technologische ontwikkelingen hebben het mogelijk gemaakt om video-communicatiediensten op een brede schaal aan te bieden, ook aan de consument thuis, en er bestaat dan ook weinig twijfel dat video een van de belangrijkste communicatiemiddelen van de jaren 90 zal worden. Als gevolg van deze ontwikkelingen is de aandacht voor toepassingen van video-communicatie gegroeid. Video-communicatie zou bijvoorbeeld toegepast kunnen worden op gebieden als onderwijs, "teleshopping", filmindustrie en beeldtelefonie. Het realiseren van video-communicatiediensten betekent echter dat er enorme hoeveelheden informatie verzonden moeten worden. Door deze informatie te reduceren, wat behoort tot het onderzoeksgebied aangeduid met datacompressie, kunnen de verzend- en opslagkosten verminderd worden. Door de groeiende aandacht voor video-communicatie wordt de rol van datacompressie technieken voor beeldsequenties dus steeds belangrijker. Deze dissertatie beschrijft een nieuwe coderingstechniek voor beeldsequenties die model-gestuurde beeldcodering ("model-based image coding") genoemd wordt. In dit coderingsprincipe wordt een beeld als een projectie van de driedimensionale wereld beschouwd in plaats van een statistisch signaal. Vanuit dit gezichtspunt wordt een beeld beschreven door de parameters die de opgenomen, in de tijd variërende, scene beschrijven. Het beeld kan vervolgens gereconstrueerd worden door het beeldvormingsproces na te bootsen met behulp van de virtuele scene die door deze parameters beschreven wordt. Om de opgenomen scene te beschrijven moeten zowel de driedimensionale vorm als textuur van de objecten in de scene, alsmede de instellingen van de camera en lichtbronnen, geschat worden aan de hand van de opgenomen twee-dimensionale beelden. In model-gestuurde beeldcodering wordt de van tevoren bekende kennis over de scene zoveel mogelijk geëxploiteerd om dit inversie probleem op te lossen. Deze voorkennis bestaat uit informatie over de te verwachte scene, de te verwachte objecten in deze scene, beschrijvingen van de generieke drie-dimensionale vorm van elk van de objecten, geometrische relaties tussen de objecten, enzovoorts.

Door de scene te beschrijven in plaats van het beeld, wordt voorkomen dat de vorm en kleur van de objecten in deze scene herhaaldelijk gecodeerd moeten worden (dit in tegenstelling tot conventionele coderingstechnieken). Hierdoor verwacht men dat model-gestuurd beeldcoderen een hoge beeldkwaliteit kan bereiken bij hoge datacompressiefactoren. Doordat deze coderingstechniek voorkennis over de scene gebruikt om deze compressie te bereiken, kan zij echter alleen toegepast worden wanneer de scene bekend is, zoals bijv. in het geval van de beeldtelefoon waar in het algemeen het hoofd en de schouders van een persoon in beeld zijn.

De huidige stand van zaken binnen dit onderzoeksgebied wordt in deze dissertatie besproken. Hieruit blijkt dat het volgen van objecten in de tijd de meeste aandacht heeft gekregen (hiertoe behoort ook het volgen van de deformaties van deze objecten zoals bijvoorbeeld het volgen van gezichtsexpressies). Echter om deze taak succesvol te kunnen uitvoeren moet er een nauwkeurige beschrijving van de vorm van het te volgen object voorhanden zijn. De meeste onderzoekers nemen aan dat zo'n beschrijving voorhanden is. Dit heeft ons gemotiveerd om de driedimensionale vorm van een object in de scene automatisch te schatten aan de hand van de opgenomen beelden van deze scene. Zoals vermeld gebruikt model-gestuurd beeldcoderen zoveel mogelijk voorkennis over de scene, zoals ook kennis over de generieke vorm van het object. Dit generieke model kan dus gebruikt worden om de schatting van de vorm van het geobserveerde object te sturen, waardoor het probleem om deze vorm te schatten gereduceerd wordt tot de adaptatie van de vorm van dit generieke model.

De belangrijkste bijdrage van deze dissertatie is dat er een nieuwe methode geïntroduceerd wordt om het genoemde adaptatieprobleem automatisch op te lossen. De vorm en positie van de objecten in de scene worden gemeten in de beelden aan de hand van de voorkennis en vergaarde kennis over de scene. De vorm van het generieke model wordt dan aangepast door deze observaties te relateren aan het model, waardoor automatisch een redelijke beschrijving van de vorm van het geobserveerde object verkregen wordt. Het adaptatieprobleem is opgedeeld in een aantal deelproblemen:

- segmentatie van het beeld in verschillende objectgebieden
- bepalen van nauwkeurige vormbeschrijvingen van de verschillende objectgebieden
- adaptatie van het generieke model van een object

Voor elk van deze deelproblemen worden in deze dissertatie oplossingen gepresenteerd. Bovendien wordt er een algemeen raamwerk geïntroduceerd voor het oplossen van de eerste twee problemen. Het gebruik van voorkennis en vergaarde kennis over de scene speelt een belangrijke rol in dit raamwerk. Door de kennis over het toepassingsgebied expliciet te definiëren is het op z'n minst denkbaar dat het raamwerk in andere toepassingsgebieden toegepast kan worden. Binnen dit raamwerk wordt de informatie over een objectgebied altijd volgens eenzelfde recept verkregen. Eerst worden hypothesen voor het objectgebied gecreëerd door het beeld te segmenteren in kandidaatgebieden. Deze hypothesen worden dan geëvalueerd door de karakteristieken van de kandidaatgebieden te vergelijken met de verwachtingen van deze eigenschappen. Het kandidaatgebied dat het meest op de objectklasse lijkt wordt uiteindelijk aangewezen als het objectgebied. De vorm van dit gebied kan in een laatste fase verfijnd worden zodat een nauwkeurige beschrijving van de vorm van het objectgebied verkregen wordt.

Het voorgestelde raamwerk is gebruikt om de gewenste objecten in typische beeldtelefoon beelden (dat zijn beelden die het hoofd en de schouders van een sprekende persoon tonen) te detecteren. Zowel de segmentatie van het beeld in gebieden die corresponderen met deze objecten, als het vinden van nauwkeurige beschrijvingen van de vormen van de verschillende gezichtskenmerkgebieden, wordt uitvoerig beschreven in deze dissertatie. Er worden twee methoden geïntroduceerd die de objecten achtereenvolgens kunnen detecteren in twee verschillende toestanden: de "initialisatie toestand", waarin enkel gebruik gemaakt wordt van spatiële informatie, en de "volg toestand", waarin ook gebruik gemaakt wordt van temporele informatie. Experimenten tonen aan dat de geïntroduceerde methoden met succes de vereiste objecten kunnen identificeren terwijl tegelijkertijd minder restricties worden opgelegd dan in vergelijkbare systemen. De vorm van de aldus geïdentificeerde gebieden in het beeld beschrijven de vorm van het object in het beeld niet altijd nauwkeurig genoeg (zeker niet in het geval van complexe objecten). Zoals aangegeven biedt het raamwerk de mogelijkheid om deze vorm te verfijnen. In deze dissertatie worden de vormen van de gezichtskenmerkgebieden, zoals de ogen en de mond, gevonden met behulp van "deformeerbare modelvormen" [Yuille et al., 1992]. Er worden modificaties op deze methode gepresenteerd die leiden tot betere resultaten. Experimenten tonen aan dat deze methode een bruikbare techniek is om de vorm van complexe objectgebieden te vinden, maar ook dat de methode niet erg robuust is.

Als laatste wordt een methode besproken waarin de vorm van een van tevoren bekend generiek drie-dimensionaal model van een object aanpast wordt, zodat het uiteindelijk de gemeten vormen van de object gebieden nauwkeurig beschrijft. Allereerst wordt het model voor de schaal, positie en oriëntatie van het object in de scene gecorrigeerd. Vervolgens wordt de fout tussen het getransformeerde model en de gemeten contouren van de objectgebieden verminderd door de positie van de knooppunten van het draadmodel lokaal te veranderen. Hiervoor is een nieuwe methode geïntroduceerd die gebruik maakt van al twee bestaande technieken: "elastisch matchen van lijntekeningen" [Burr, 1981] en "dynamische netten" [Terzopoulos and Waters, 1993]. De eerste techniek wordt hoofdzakelijk gebruikt om een overeenkomst vast te stellen tussen de contouren van het generieke model en de gemeten contouren. De tweede methode wordt gebruikt om de optimale positie van de knooppunten van het generieke model te vinden wanneer de nieuwe posities van de knooppunten op de contour gegeven zijn.

Het schema om automatisch de vorm van een generiek model te adapteren is succesvol toegepast om een generiek gezichtsmodel aan te passen aan de vorm van een geobserveerd gezicht door de karakteristieken van dit gezicht te meten in de opgenomen beelden. Voor zover wij weten is dit de eerste poging om deze taak volledig automatisch te vervullen. De voorgestelde oplossingen voor de verschillende deelproblemen leggen minder restricties op aan de opnamecondities dan de meeste andere gerapporteerde methoden. Sommige van deze verbeteringen zijn: geen speciale markeringen op het gezicht zijn vereist, rotatie en schaal variaties van het gezicht worden toegelaten, geen restricties aangaande de achtergrond, enzovoorts.

De methode om automatisch een generiek model te adapteren, zoals voorgesteld in deze dissertatie, zet de eerste stappen in de richting van een toepassing van modelgestuurde beeldcodering in praktische situaties. De dissertatie sluit af met een bespreking van de beperkingen van het voorgestelde schema wanneer dit wordt toegepast in praktische situaties, alsmede de implicaties voor de toepasbaarheid van model-gestuurd beeldcoderen. Deze bespreking geeft aan dat er nog een aantal fundamentele problemen onbeantwoord blijven. Een volwaardige toepassing van dit coderingsprincipe is daardoor nog niet te verwachten in de nabije toekomst. De mogelijke toepassingen van de voorgestelde technieken reiken echter verder dan efficiënte datacompressie, zoals computergestuurde filmprodukties, ontwikkeling van een nieuwe gebruikersinterface, toepassingen binnen cognitief onderzoek, identificatie systemen, en onderwijs.

* * *

EDGE-BASED IMAGE REPRESENTATION AND CODING

P.J.L. van Beek
4 december 1995
Promotor: prof. dr. ir. E. Backer

Vanwege de gestage toename in het gebruik van visuele informatie, worden technieken om beelden efficiënt op te slaan en te versturen steeds belangrijker. Een grote verscheidenheid aan beeld- en video-codeermethoden is in het verleden voorgesteld en enkele methoden zijn reeds

gestandaardiseerd, hetgeen de toepassing van beeldcompressie in de praktijk op grote schaal mogelijk maakt. Aangespoord door de verwachte groei in de opslag, manipulatie en uitwisseling van multi-media informatie, is het onderzoek in de beeldcodering nieuwe wegen ingeslagen.

Dit proefschrift bespreekt een methode om digitale beelden en video efficiënt te representeren en coderen, door relevante variaties in het beeldintensiteitsoppervlak, ook wel randen genoemd, parametrisch te modelleren. De volgende onderwerpen worden met name besproken: analyse van intensiteitsranden, reconstructie van het intensiteitsoppervlak, matching van randen en het coderen van de parameters van het randmodel. Hoofdstuk 1 bevat een inleiding in de beeldcodering en in de aanpak met behulp van randmodellen. Het belangrijkste vraagstuk in de beeldcodering is: Hoe sterk kunnen beelden gecomprimeerd worden, als de interpreteerbaarheid en de kwaliteit van de gedecodeerde beelden voldoende hoog moeten blijven? Men kan natuurlijke beelden vaak beschrijven als vloeiend verlopende intensiteitsoppervlakken, nu en dan onderbroken door scherpe veranderingen in de intensiteit. Deze scherpe overgangen in de intensiteit van het beeld corresponderen met belangrijke kenmerken van de scene die afgebeeld wordt, zoals het optreden van objectranden, schaduwranden of veranderingen in de reflectiviteit van oppervlakken. Veel codeermethoden maken geen expliciet gebruik van deze karakteristieke eigenschappen van beelden.

In dit proefschrift zijn representatie en codering van beelden gefundeerd op de analyse, modellering en manipulatie van scherpe overgangen in de intensiteit, de intensiteitsranden. Er wordt, in vergelijking met vroegere codeermethoden, een duidelijk nieuwe weg ingeslagen door de geometrie van de randen in beelden expliciet te beschrijven. Intensiteitsranden zijn belangrijk bij de interpretatie van beelden of scenes. Deze hypothese wordt ondersteund door de enorme hoeveelheid onderzoek die binnen de computer vision aan intensiteitsranden is besteed en door studies van visuele perceptie in dieren en mensen. Vanuit een beeld representatie die alleen informatie over intensiteitsranden bevat kunnen interpreteerbare beelden worden gereconstrueerd. Wellicht kunnen dus goede resultaten worden behaald op het gebied van de beeldcodering bij hoge compressie door een benadering te kiezen die is gebaseerd op het gebruik van intensiteitsranden.

In Hoofdstuk 2 wordt een methode besproken om intensiteitsranden te analyseren en wordt een beeldrepresentatie op basis van randen gedefinieerd. Een geïdealiseerd parametrisch model wordt gebruikt om de variatie in de intensiteit van een rand te beschrijven, waarbij het model op het intensiteitssignaal wordt gepast, op ieder punt waar een rand ligt. We beperken ons tot een model van een zgn. Gaussisch geëffende intensiteitsrand, dat beschreven wordt door contrast, breedte en centrum-waarde parameters. Er wordt aangetoond dat Gaussische-afgeleide filters gebruikt kunnen worden om deze randen te detecteren en tegelijkertijd de modelparameters te berekenen. De effecten van enkele veel voorkomende afwijkingen van het geïdealiseerde model worden bestudeerd aan de hand van fouten-analyses en experimentele resultaten. De schaal van de Gaussische analyse-filters beïnvloedt de nauwkeurigheid van de berekende modelparameters. In het algemeen is de breedte van de rand een goede indicatie voor de in te stellen schaal van de Gaussische filters, die gebruikt worden bij het analyseren van randen. Echter, bij een juiste acquisitie van de beelden kan de schaal van de filters beter laag worden gehouden.

We beschrijven vervolgens hoe de beeldrepresentatie geconstrueerd wordt, uitgaande van de geëxtraheerde informatie over de intensiteitsranden. De representatie wordt opgebouwd uit zgn. rand-primitieven, die ieder het verloop beschrijven van: (a) de plaats van randpunten langs een randcurve in het beeldvlak (geometrische data) en (b) het intensiteitsoppervlak binnen een smalle band langs een dergelijke curve, in termen van de contrast, breedte en centrum-waarde modelparameters (fotometrische data). Tenslotte wordt beschreven hoe de randpunten langs een dergelijke curve gereconstrueerd kunnen worden op basis van de rand-primitieven. Hoewel het originele beeld niet exact terug verkregen kan worden vanuit de representatie, bestaande uit rand-primitieven, kan vaak wel een beeld worden berekend dat het origineel numeriek en visueel benadert. Dit wordt besproken in Hoofdstuk 3. De rand-primitieven in de representatie schrijven alleen de waarden van pixels langs randcurven voor. Het gehele intensiteitsoppervlak moet worden gereconstrueerd of geïnterpoleerd vanuit deze schaars verdeelde data. Met behulp van de regularisatie-theorie kan dit interpolatie probleem vertaald worden naar het minimaliseren van een gladheids-functionaal. De optimale oplossing kan worden gevonden door middel van standaard iteratieve algoritmen, zoals relaxatie-algoritmen. De informatie die in de rand-primitieven zit opgeslagen wordt door deze algoritmen iteratief gepropageerd over het gehele beelddomein. Deze standaard algoritmen werken echter te traag.

Er wordt een nieuw optimalisatie algoritme voorgesteld, waarmee globalere en dus snellere propagatie van informatie over het beelddomein mogelijk is. Dit nieuwe algoritme kan worden afgeleid door multi-schaal gladheids-functionalen in de regularisatie te introduceren. Een analyse van de convergentie-eigenschappen en experimentele resultaten tonen aan dat het multi-schaal relaxatie-algoritme veel sneller convergeert dan het standaard algoritme.

In Hoofdstuk 4 wordt verdere compressie en reductie van de data in de rand-primitieven besproken en de toepassing hiervan binnen de codering van stilstaande beelden bij lage bit rates. De posities van randpixels (geometrische data) worden verliesvrij gecodeerd met behulp van een variant van chain-codering. Een sequentie van chain codes wordt gemodelleerd door een tweede-orde Markov ketting en gecomprimeerd met behulp van variabele lengte codering volgens de methode van Huffman. De waardes in een sequentie van modelparameters van een type (bijvoorbeeld het contrast) van de randpixels langs een randcurve (fotometrische data) worden opgevat als de bemonsteringen van een een-dimensionaal parameter signaal. Een eenvoudige, niet-verliesvrije, codeertechniek is ontworpen op basis van de statistiek van de parameter signalen. Deze techniek bestaat uit een stap waarin het signaal

wordt gefilterd en onderbemonsterd, en een stap waarin DPCM toegepast wordt. Optimale Uniform Threshold Kwantisatoren worden gebruikt om de prediktiefout te kwantiseren. Huffman variabele lengte codering wordt toegepast om deze data verder te comprimeren. Bij experimenten op enkele beelden blijkt de kwaliteit van de gedecodeerde beelden (in termen van Peak Signal-to-Noise Ratio) tussen de 23 en 33 dB te liggen bij een bit rate tussen de 0.05 en 0.41 bit per pixel (compressie ratio tussen 20 en 170). De belangrijkste visuele artefacten in de gedecodeerde beelden zijn: verlies van textuur, "halo-effecten" en gekartelde randen. De vormen en posities van ieder object worden goed weergegeven. Standaard JPEG presteert beter dan de codeermethode gebaseerd op randen bij bit rates boven de 0.20 bit per pixel, terwijl de laatste methode beter presteert dan JPEG bij bit rates lager dan 0.20 bit per pixel. Spatieel adaptief coderen kan worden gerealiseerd door gebruik te maken van a priori kennis tijdens de detectie van randen. Kennis-gestuurde beeldcodering van hoofd-en-schouder beelden kan een verbeterde kwaliteit van belangrijke delen van deze beelden opleveren.

In Hoofdstuk 5 wordt de beeldcompressie methode uitgebreid naar het geval van beeldsequenties. Om gebruik te kunnen maken van de temporele correlatie in beeldsequenties moet men eerst de verbanden tussen randprimitieven uit verschillende beelden in de sequentie vaststellen. Daartoe is een frame-naar-frame matching algoritme ontworpen, gebaseerd op een gelijkheids-maat. Dit algoritme zoekt, voor elke rand-primitieve in het huidige frame, een primitieve in een voorgaande beeld, die maximale gelijkheid vertoond met de huidige primitieve. Geometrische gelijkheid wordt gemeten door de minimale gemiddelde kwadratische afstand tussen de twee curven te berekenen. Fotometrische gelijkheid wordt gemeten door de kruiscorrelatie tussen parametersignalen te berekenen. Het algoritme is in staat om ongeveer 75% van alle randpixels in een beeld te matchen. Een sequentie van chain codes van een curve kan interframe worden gecodeerd, door de sequentie van chain codes van de bijbehorende curve (gevonden door het matching algoritme) als prediktie te gebruiken. Alleen de prediktiefouten in de chain codes hoeven dan nog (Huffman gecodeerd) verstuurd te worden. Tevens wordt een bewegingsvector verzonden die de lokatie van het beginpunt van de curve codeert. In de experimenten die zijn uitgevoerd kon echter geen codeerwinst worden behaald door gebruik te maken van interframe coderen van de posities van randen i.p.v. intraframe coderen, zelfs niet als de prediktiefouten in de chain codes niet-verliesvrij worden gecodeerd. Interframe coderen van de parameter signalen (fotometrische data) wordt niet besproken.

Voor een aantal hoofd-en-schouder beelden lag de uiteindelijke beeldkwaliteit (in termen van de PSNR) tussen de 27 en 33 dB, bij bit rates tussen de 0.09 en 0.26 bit per pixel (compressie ratio's per frame tussen de 30 en 90). De visuele kwaliteit van de gedecodeerde beeldsequenties bij de experimenten is nogal teleurstellend, vanwege ernstige flikkeringen van gebieden van lichte naar donkere helderheidsniveaus in het hele beeld. Het verschil in beeldkwaliteit tussen verliesvrij en niet-verliesvrij coderen van de interframe prediktiefouten in de chain codes is gemiddeld klein. Hoofdstuk 6 bevat een afsluitende discussie over de gevolgde aanpak en de resultaten. Wat betreft de toepassing van deze methode in de praktijk moet men opmerken dat de drempel die gebruikt wordt in de rand-detectie bij onze experimenten met de hand is ingesteld, maar een grote invloed kan hebben op de kwaliteit van de gedecodeerde beelden en de behaalde compressie ratio. Wat betreft de benodigde rekentijd moet men opmerken dat het iteratieve karakter van het algoritme om intensiteitsoppervlakken te reconstrueren het grootste probleem oplevert. De voorgestelde codeermethode kan worden vergeleken met enkele andere nieuwe methoden binnen de lage bit rate codering, zoals segmentatie-gebaseerd of gebieds-gebaseerd coderen. Men kan dan concluderen dat, voor al deze methoden, de complexiteit van het coderen van de posities van randen het voornaamste struikelblok is dat significante vooruitgang ten opzichte van blok-gebaseerde methoden in de weg staat. Hoewel praktische toepassing in de beeldcodering van de methode die in dit proefschrift beschreven is nog ver weg lijkt, lijkt er nog genoeg ruimte te zijn om de gebruikte beeldrepresentatie en de codeeralgoritmen verder te verbeteren.

* * *

ARCHITECTURES FOR REAL-TIME ON-BOARD SYNTHETIC APERTURE RADAR PROCESSING

L.H.J. Bierens
4 december 1995
Promotor: prof. dr. ir. P.M. Dewilde

In dit proefschrift hebben we een schematische ontwerpmethodiek geïntroduceerd waarmee efficiënte hardware architecturen kunnen worden ontworpen ten behoeve van multirate convolutiesystemen. Deze methodiek is ook toepasbaar op andere multirate signaalbewerkingssystemen. De ontwerpmethodiek gaat uit van een grafische beschrijving van een algoritme in plaats van een algebraïsche beschrijving. Het voordeel hiervan is dat een grafische beschrijving zich veel makkelijker laat manipuleren dan een algebraïsche beschrijving, vooral wanneer de laatste volledig in detail worden uitgeschreven. Het is bekend dat multirate filterbanken en convolutiesystemen veel overeenkomsten vertonen. Door middel van de grafische manipulatie die we hebben ontwikkeld zijn deze overeenkomsten op een eenvoudige en illustratieve wijze expliciet gemaakt. Bovendien kan een multirate convolutie-algoritme met behulp van deze grafische ontwerpmethodiek direct in een prototype architectuur of in dedicated VLSI processors worden geïmplementeerd.

In veel complexe real-time signaalbewerkingstoepassingen als radar, sonar en medical imaging, is behoefte aan een schematische ontwerpmethodiek die rekening houdt met typische toepassings-specifieke beperkingen als verwerkingssnelheid, processoromvang en geheugenbeheer. Het uitgangspunt van onze ontwerpmethodiek is dat complexe signaalbewerkings-algoritmes opgedeeld worden in kleinere, minder complexe sub-algoritmes.

Uiteindelijk leidt deze aanpak tot winst in ontwerptijd en reduceert het de ontwerprisico's en complexiteit. We hebben de bruikbaarheid van onze ontwerpmethodiek aangetoond in het ontwerp van een multirate convolutie-systeem, toegepast in de range-compressie en azimutcompressie ten behoeve van real-time SAR processing. Range-compressie en azimutcompressie zijn de kritische onderdelen van een real-time SAR processor, met name als beperkte omvang, laag vermogensverbruik en hoge verwerkingssnelheid de ontwerpeisen zijn. Het toepassen van onze ontwerpmethodiek heeft geresulteerd in een efficiënte VLSI convolutie-processor. Naar verwachting zal een real-time on-board SAR processor gebaseerd op deze convolutie-processor tot een factor 10 kleiner zijn (zowel qua omvang als vermogensverbruik) dan een SAR processor gebaseerd op commercieel verkrijgbare DSP-kaarten.

Onze VLSI convolutie-processor is veel krachtiger dan een DSP-kaart implementatie, als we de performance van een convolutie-processor uitdrukken in termen van verwerkingssnelheid per eenheid van processoromvang en per eenheid van vermogensverbruik. Een grove schatting is dat de verwerkingssnelheid van onze convolutie-chip vergelijkbaar is met de verwerkingssnelheid van één state-of-the-art DSP-kaart. De omvang en het vermogensverbruik zijn echter veel kleiner, en dat ondanks het feit dat onze VLSI convolutie-processor ca. twee keer zo veel bewerkingen uitvoert. Bovendien hebben we laten zien dat onze VLSI architectuur voldoet aan de stringente radar signaalverwerkings-specificaties ten aanzien van nauwkeurigheid en dynamisch bereik door middel van het gebruik van een hybride floating point formaat. Met een DSP-kaart oplossing is het in het algemeen moeilijk om aan deze specificaties te voldoen doordat deze vaak het block-floating point formaat gebruiken.

Dit geeft ons de motivatie om te stellen dat ontwerpers van hardware-architecturen de kosten van een DSP architectuur niet horen uit te drukken in termen van complexiteit, maar in termen van overall performance. Hieronder vallen bijvoorbeeld verwerkingssnelheid, processoromvang, vermogensverbruik, nauwkeurigheid en dynamisch bereik. De exacte definitie van overall performance wordt natuurlijk bepaald door de toepassing; het is niet zinvol om bijvoorbeeld een SAR processor te implementeren in dedicated VLSI hardware als slechts off-line verwerking vereist is. In de inleiding hebben we een aantal real-time SAR toepassingen genoemd (verkenning, SAR data transmissie, fixed/moving target indication en on-board systeem monitoring) die wenselijk zouden zijn aan boord van kleine platformen zoals straaljagers en unmanned airborne vehicles. Deze zullen in de nabije toekomst mogelijk zijn als dedicated VLSI architecturen (en vooral de convolutie-architectuur) worden gebruikt. Deze lijst kan worden aangevuld met bijvoorbeeld toepassingen voor SAR processing aan boord van een satelliet.

* * *

PERFORMANCE DRIVEN SYNTHESIS OF DIGITAL SYSTEMS

I. Karkowski
5 december 1995
Promotor: prof. dr. ir. R.H.J.M. Otten

De snelle ontwikkeling in de microelectronica-wereld van de afgelopen jaren heeft geleid tot een duidelijke verschuiving in de optimalisatie van digitale systemen: van minimalisatie van de chip-oppervlakte tot maximalisatie van de snelheid. Tegelijkertijd is de complexiteit van de systemen sterk toegenomen met als resultaat dat de werkwijze van de ontwerper is opgeschoven in de richting van hoog-niveau synthese. Nieuwe ontwerpautomatiseringshulpmiddelen zijn hiervoor noodzakelijk en veel oude programma's moeten worden aangepast. Dit proefschrift behandelt een van de belangrijke problemen: hoe kan het risico van een redesign in het automatisch ontwerptraject gereduceerd worden. Wij stellen twee oplossingen voor. In een zogenaamde time-budgets-methode wordt het risico van een redesign helemaal weggenomen. Deze methode kan echter niet in alle fasen van het ontwerpproces worden toegepast. Daarom stellen wij ook een andere oplossing voor, die veel veelzijdiger en praktischer is. Deze methode verkleint in sterke mate het risico dat een redesign noodzakelijk is. De benadering is gebaseerd op possibilistic programming, een soort fuzzy mathematical programming. In hoofdstuk 1 geven wij een overzicht van de conventionele en huidige ontwerpautomatisering systemen. Vier complete CAD systemen worden beschreven (gekozen op basis van wat aan de TU Delft gebruikt wordt). Samen omvatten ze het gehele ontwerptraject, van een ontwerp-specificatie in een hoog-niveau taal naar een werkende layout.

In hoofdstuk 2 is het onderwerp ontwerpafwegingen behandeld. Dit wordt geïllustreerd door de "hoge-C" schakelingen (een transmitter-ontvanger paar die een digital signaal over een lijn met hoge capaciteit stuurt). Enkele "hoge-C" circuits, met verschillende performance, vermogen-verbruik en oppervlakte karakteristieken, worden gepresenteerd. Na de definitie van het vertragingsmodel, vergelijken we de schakelingen op basis van simulatieresultaten. De zogenoemde curves van de ontwerpafwegingen worden gegenereerd. Tenslotte presenteren wij een lijst met extra bronnen van onnauwkeurigheden in de vertragingsmodellen. Er worden argumenten aangevoerd waarom deze problemen serieus genomen moeten worden. Deze conclusie vormt een van de motiveringen voor de in dit proefschrift gepresenteerde algoritmen. Omdat de meeste in deze dissertatie beschreven methoden gebaseerd zijn op geheeltallig programmeren (afkorting IP), geeft hoofdstuk 3 een overzicht van enkele IP-methoden. Daarna worden, in ditzelfde hoofdstuk, de beginselen van possibilistisch programmeren beschreven.

In hoofdstuk 4 wordt de eerste oplossing voor het probleem van performance-gedreven synthese van digitale systemen, de time-budgets-methode, geïntroduceerd. In het daarop volgende hoofdstuk worden drie succesvolle toepassingen van possibilistisch programmeren gepresenteerd. Er zijn drie onderdelen geselecteerd, die deel uit-

maken van de verschillende fasen in het automatisch ontwerptraject: retiming, simultaneous scheduling, selection and allocation of functional units en hardware-software partitioning of embedded systems. De implementatiedetails en de resultaten van experimenten met alle optimalisatie programma's worden gepresenteerd in hoofdstuk 5. Als appendix presenteren wij daar onze possibilistisch solver Fsolve.

* * *

A NEW SYNTHETIC TEST CIRCUIT FOR ULTRA-HIGH-VOLTAGE CIRCUIT BREAKERS

B. Sheng
21 december 1995
Promotoren: prof. ir. L. van der Sluis en prof. ir. G.C. Damstra

Het afschakelvermogen van SF6-pufferschakelaars wordt steeds groter met de alsmaar toenemende kortsluitvermogens en de hogere spanningen in de elektriciteitsvoorzieningssystemen. Een moderne vermogenschakelaar met een enkel onderbrekingselement kan een rating hebben van 550 kV - 63 kA. Vermogenschakelaars voor nog hogere spanningen en stromen zullen in de nabije toekomst ontwikkeld worden. De verificatie van het afschakelvermogen van vermogenschakelaars vindt plaats in het kortsluitlaboratorium. Het kortsluitvermogen van een direkt testcircuit, dat wordt geleverd door kortsluitgeneratoren of het net, is echter onvoldoende voor het beproeven van een enkel onderbrekingselement bij deze hoge spannings- en stroomratings. Een economische en tevens praktische oplossing voor dit probleem is het toepassen van synthetische beproevingstechnieken. De kortsluitgeneratoren, of het net, leveren dan alleen de kortsluitstroom terwijl een apart spanningsoscillatiecircuit met een opgeladen condensatorbank en een induktiviteit wordt gebruikt om de transient wederkerende spanning te genereren. Deze methode is beschreven in het IEC-voorschrift voor vermogenschakelaars. Er zijn verschillende soorten synthetische circuits, afhankelijk van de verbinding van het spanningscircuit, het stroomcircuit en het injectiemoment van het spanningscircuit. Voor alle synthetische circuits is een minimale drijvende spanning noodzakelijk, deze varieert met de boogspanning van de beproevingsschakelaar en de hulpschakelaar, om de stroomvervorming binnen de grenzen van de IEC-voorschriften te houden. Uit de vergelijkende testen die in de afgelopen jaren zijn uitgevoerd, is gebleken dat het parallel-stroominjectie synthetische testcircuit (Weil-Dobke circuit) het best overeenkomt met het direkte testcircuit in het interactie-interval; aangenomen dat de stroominjectiefrequentie tussen de 250 Hz en 1000 Hz ligt en dat het circuit op het juiste moment wordt geïnjecteerd, zoals gespecificeerd in de IEC standaard. Op dit moment wordt het Weil-Dobke circuit het meest toegepast in de testlaboratoria. Zowel de principiële beperking van het Weil-Dobke circuit, namelijk dat aan de frequentie van de TRV (f_{TRV}) en van de geïnjecteerde stroom (f_{inj}), die gerelateerd zijn aan de impedantie van het spanningscircuit, voor een ultra-high-voltage circuit niet tegelijkertijd voldaan kan zijn, als het feit dat de capacitieve energie, benodigd in het spanningsdeel van het circuit, evenredig is met het kwadraat van de testspanning, heeft tot gevolg dat dit circuit niet geschikt is voor een spanningsrating van 765 kV of hoger.

In dit proefschrift wordt een nieuw synthetisch testcircuit (EPIC circuit) beschreven. Het EPIC circuit kan worden toegepast voor spanningsratings van 765 kV en hoger. Het EPIC circuit heeft een drie-circuit configuratie. Het eerste circuit levert de kortsluitstroom en bestaat uit generatoren of het net, een stroombeperkende reactantie en een transformator. Het tweede circuit is een parallelstroominjectie circuit dat de injectiestroom levert en het eerste deel van de TRV genereert; het circuit bestaat uit een opgeladen condensatorbank, een induktiviteit, een regelcircuit en een hulpschakelaar. Het derde circuit is een spanningsinjectie circuit dat het tweede deel van de TRV genereert; het circuit bestaat uit een opgeladen condensatorbank, een vonkenbrug, een induktiviteit en een regelcircuit. Analyses en berekeningen tonen aan dat het EPIC circuit kan worden toegepast voor de IEC test duty 4, IEC test duty 3 en IEC SLF test duties met de vierparameter golfvorm zoals die in de IEC-voorschriften gedefinieerd is. De geldigheid van het EPIC circuit wordt aangetoond met behulp van het KEMA boogmodel. Omdat een parallel-stroominjectie circuit wordt toegepast gedurende het thermische interactie-interval van de beproevingsschakelaar, waarin een identieke kortsluitinduktiviteit wordt gekozen ($L_i = L_d$) en geen extra boog in de circuitconfiguratie wordt geïntroduceerd, komt het EPIC circuit goed overeen met het direkte testcircuit in het belangrijkste interval. Wanneer de vuldruk van de schakelaar als vergelijkingsmiddel wordt gebruikt, blijkt dat het verschil in gasdruk voor het EPIC circuit niet groter is dan 1%.

Twee andere synthetische testcircuits voor 765 kV - 63 kA - 50 Hz vermogen schakelaars in een IEC test duty 4 (het Hitachi vier-parameter synthetische testcircuit en het serie-spanningsinjectie synthetische circuit) worden bestudeerd en vergeleken met het EPIC synthetische testcircuit. Berekeningen tonen aan dat, wanneer de vuldruk wederom als vergelijkingsmiddel wordt gebruikt, het Hitachi circuit de schakelaar 12% minder zwaar belast; het spanningsinjectie circuit belast de schakelaar echter 23% zwaarder. Er wordt aangetoond dat testcircuits die een identieke inherente TRV genereren, de vermogenschakelaar niet per definitie gelijk belasten. Een verschillende topologie van de testcircuits resulteert in een verschillende boog-circuit interactie. De karakteristieke impedantie van het TRV circuit is een erg belangrijke parameter voor de equivalentie in het thermische interactieinterval. De circuitparameters van het EPIC circuit voor een 765 kV test duty 4 met kortsluitstroomratings van 63 kA, 50 kA and 40 kA worden in dit proefschrift berekend. De circuitparameters voor een 765 kV - 63 kA schakelaars test duty 3, SLF test duties en test duty 4 met een halve schakelaarpool worden eveneens gegeven. De toepasbaarheid van het circuit voor een 1150 kV - 63 kA schakelaar test duty 4 wordt bestudeerd.

* * *

SMART THERMAL FLOW SENSORS

H.J. Verhoeven
15 januari 1996
Promotor: Prof. dr. ir. J.H. Huijsing

Het proefschrift beschrijft de theorie, het ontwerp, de simulatie en realisatie van intelligente thermische stromingssensoren.

Hoofdstuk 1:
De snelle ontwikkelingen in de technologie voor geïntegreerde schakelingen van de laatste jaren heeft een enorme invloed gehad op het dagelijks leven. De technieken die ontwikkeld zijn voor de produktie van standaard geintegreerde schakelingen kunnen ook succesvol gebruikt worden om een groot aantal verschillende geïntegreerde sensoren te realiseren. Het combineren van zowel meetfuncties alsmede geïntegreerde signaalbewerkingsfuncties in de vorm van één enkele geïntegreerde component resulteert in een zogenoemde intelligente sensor. Intelligente sensoren bieden potentieel gezien grote voordelen met betrekking tot storingsgevoeligheid, aansluitmogelijkheden, calibratie en zelfdiagnose boven standaard sensoren. Deze voordelen komen het best tot hun recht door de sensoren in grote hoeveelheden en in een standaard proces voor geïntegreerde schakelingen te produceren.

Hoofdstuk 2:
Conventionele stromingssensoren zijn gebaseerd op een verscheidenheid aan werkingsprincipes. De meeste mechanische werkingsprincipes zijn niet geschikt voor integratie met gebruikmaking van standaard technologieën voor de realisatie van geïntegreerde schakelingen. Thermische meetprincipes zijn succesvol gebruikt om stroming te meten. Verschillende meetprincipes kunnen geïmplementeerd worden. Oorspronkelijk werd de voorkeur gegeven aan constant vermogen werkingsprincipes vanwege de beperkte hoeveelheid elektronica noodzakelijk om deze techniek te implementeren. Moderne microelektronische technieken maken de integratie van een aanzienlijke hoeveelheid elektronica op de sensor chip mogelijk. Meer ingewikkelde werkingsprincipes, gebaseerd op constante temperatuursverschilmethodes, die een verbetering in snelheid en nauwkeurigheid bieden, worden vervolgens haalbaar. De gebruikelijke thermische terugkoppeling met een hoge versterkingsfactor kan niet gebruikt worden om het regelcircuit voor een constante temperatuurwerking te realiseren. Het gedistribueerde RC karakter van de sensoren leidt tot stabiliteitsproblemen bij hoge lusversterkingen. Een zogenaamd dutycycle gebaseerd meetsysteem kan verkregen worden door het toelaten van oscillaties in het meetsysteem. Dutycycle gebaseerde systemen zijn echter gevoelig voor uitwendige storingen. Een mogelijke oplossing bestaat uit het toevoegen van een klokbestuurd element in de terugkoppellus. Een geschikt element is een flip-flop. Het resulterende systeem wordt een thermische sigmadelta omzetter genoemd. Voordelen van systemen gebaseerd op thermische sigma-delta omzetters zijn de extreme eenvoud van het elektronische circuit, zowel als de inherente AID omzetting van het meetsignaal. Een aantal verschillende temperatuurmeetelementen is beschikbaar bij het gebruik van standaard technieken voor geïntegreerde circuits. Zowel geïntegreerde weerstanden als transistoren lijden aan relatief grote nulpuntsfouten. Fouten die vergelijkbaar in grootte zijn met de te meten spanningen kunnen gemakkelijk optreden. Geïntegreerde thermozuilen, gebaseerd op het zelfgenererende Seebeckeffect kunnen gebruikt worden om deze nulpuntsfouten te voorkomen.

Hoofdstuk 3:
Een groot aantal verschillende AID omzettingstechnieken kan gebruikt worden om een analoog meetsignaal om te zetten in een digitaal (buscompatibel) signaal. Door de recente VLSI ontwikkelingen hebben technieken gebaseerd op sigma-delta omzetting in toenemende mate aan belangrijkheid gewonnen. De robuustheid van omzetters gebaseerd op sigma-delta omzetting met betrekking tot veranderingen in procesparameters en uitwendige storingen maakt dit type omzetters een ideale keus voor toepassingen met intelligente sensoren. Met name in laagfrequente toepassingen, zoals het geval is bij thennische meetsystemen, is het seriele karakter van sigma-delta omzetters aantrekkelijk. Afhankelijk van de snelheidseisen kunnen verschillende topologieën gebruikt worden. Vanwege de simpelheid van het ontwerp wordt in veel toepassingen de voorkeur gegeven aan eerste orde sigmadelta omzetters. Hogere orde omzetters kunnen gebruikt worden ten koste van een hogere circuitcomplexiteit. De eerder geïntroduceerde thermische sigma-delta omzetter kan gebruikt worden om intelligente thermische stromingssensoren te realiseren. Variaties op dit principe zoals tweede orde, multi-bit en geclusterde sigma-delta omzetters worden geïntroduceerd.

Hoofdstuk 4:
Gecombineerde simulatie van zowel het thermische als het elektrische gedrag van thermische sigma-delta gebaseerde stromingssensoren is van doorslaggevend belang. Om een gecombineerde simulatie mogelijk te maken dient een equivalent elektrisch model van de sensor ontwikkeld te worden. Eindige verschillen modellering van de sensor resulteert in zo'n equivalent circuit. Een grote mate van overeenkomst tussen de gesimuleerde en de werkelijke sensorrespons kan met deze techniek verkregen worden. Het gecombineerde thermische en elektrische gedrag van het sensorsysteem kan geëvalueerd worden door gebruik te maken van een conventionele circuitsimulator zoals PSPICE.

Hoofdstuk 5:
Op basis van de theorie die in de voorgaande hoofdstukken ontwikkeld is kan een groot aantal thermische stromingssensoren gerealiseerd worden. Zowel niet richtingsgevoelige en richtingsgevoelige alsmede sensoren gerealiseerd zonder en met microbewerkingstechnieken worden ge7introduceerd.
De eerste twee sensoren zijn gebaseerd op absolute temperatuurmetingen gerealiseerd in een BICMOS technologie. Beide sensoren zijn via een 2C bus met een microcontroller verbonden. Eén chip meet de omgevingstemperatuur terwijl de tweede chip verwarmd wordt tot de gewenste chiptemperatuur via op de chip geïntegreerde

verwarmingsweerstanden. De eerste oplossing bestaat uit twee autonoom werkende sensoren, terwijl de tweede aanpak de microcontroller als een digitale vergelijken gebruikt.
De derde sensor is een in een CMOS technologie gerealiseerde absolute temperatuursensor. Zowel temperatuurmetingen bij hoge temperaturen als stromingssnelheidmetingen kunnen verricht worden door toevoeging van een uitwendig thermokoppel. De CMOS technologie heeft de laatste jaren aan belangrijkheid gewonnen. Een geïntegreerde temperatuursensor in een CMOS technologie is moeilijker te realiseren dan in een bipolaire technologie. Parasitaire bipolaire transistoren kunnen echter gebruikt worden om dit probleem te omzeilen. Circuits gebaseerd op deze parasitaire bipolaire elementen vereisen het gebruik van een regelversterker. De hoge nulpuntsfout van CMOS versterkingscircuits beperkt de nauwkeurigheid van de temperatuursensor. Nulpuntsfoutcompensatietechnieken zoals chopping en auto-zero technieken kunnen gebruikt worden om de nulpuntsfout te verkleinen. Een circuit in een CMOS technologie dat in staat is zowel een temperatuurafhankelijke (FITAT) alsmede een temperatuuronafliankelijke (bandgap) spanning te genereren wordt getoond. De sensoren die hierna gepresenteerd worden zijn in staat zowel stromingssnelheid als stromingsrichting te meten. Deze sensoren zijn ontwikkeld voor meteorologische toepassingen. Twee sensoren die op het moment gebruikt worden in commerciële windmeters worden getoond. Nieuwe ontwikkelingen gebaseerd op microbewerkingstechnieken alsmede een nieuwe sensor gerealiseerd zonder gebruikmaking van n-ticrobewerkingstechnieken worden getoond. Een sensor die bij uitstek geschikt is voor medische toepassingen wordt tevens geïntroduceerd. De speciale eigenschap van deze sensor is een hoge responsiesnelheid met betrekking tot veranderingen in zowel de stromingssnelheid als ook in de omgevingstemperatuur. Een regelcircuit dat dient om het verwarmingsvermogen op een constante waarde te regelen wordt in deze toepassing gebruikt. De in dit hoofdstuk gepresenteerde interface elektronica kan ook gebruikt worden om een nieuw meetprincipe voor thermische massastromingsmeters te realiseren. Het op thermische sigma-delta modulatie gebaseerde werkingsprincipe elimineert het effect van temperatuurvariaties over de stromingssensor terwijl tegelijkertijd een digitaal meetsignaal dat de massastroming representeert verkregen wordt.

* * *

BIPOLAR TRANSISTORS FOR USE IN MONOLITHIC BANDGAP REFERENCES AND TEMPERATURE TRANSCUCERS

K. van der Lingen
29 januari 1996
Promotor: Prof. dr. ir. A.H.M. van Roermund

In dit proefschrift zijn bipolaire transistoren bestudeerd met het oogmerk deze transistoren toe te passen in bandgap-referentie circuits en temperatuursensoren. In hoofdstuk 1 is een korte geschiedenis gegeven van elektrische referenties. Hieruit bleek dat de karakteristieken van een voorwaarts ingestelde transistor geschikt zijn om een onchip referentie mee te maken, omdat deze karakteristieken gerelateerd zijn aan de bandgap spanning van silicium. De bandgap spanning is een materiaalconstante. onafhankelijk van de fabricage van het geïntegreerde circuit, en kan daarom gebruikt worden als referentie. Ontwerpmethodieken voor bandgap-referenties en temperatuursensoren worden behandeld in hoofdstuk 2. De circuitprincipes zijn gebaseerd op het temperatuursgedrag van de bipolaire transistor. Door de temperatuurafhankelijkheid te compenseren ontstaat een constante spanning, die evenredig is met de waarde van de bandgap spanning, geëxtrapoleerd naar 0 Kelvin. Er worden twee methodieken gegeven voor compensatie. Mos transistoren die zijn ingesteld in het zwakke inversie gebied vertonen eenzelfde exponentiële relatie tussen de drainstroom en gate-source spanning als die van de collectorstroom en emitter-basis spanning van een bipolaire transistor. De geëxtrapoleerde waarde van de gate-source spanning is echter niet alleen gerelateerd aan de bandgap spanning, maar ook aan de flat-band spanning. Deze laatste is afhankelijk van het fabricatieproces. Om deze reden zijn mos transistoren in zwakke inversie minder geschikt als basiscomponent voor bandgap-referentie circuits. Ze kunnen wel gebruikt worden om de temperatuurscoëfficiënt van de bipolaire transistor te compenseren. In hoofdstuk 3 wordt het gedrag van de bipolaire transistor beschreven. De verschillende stroomcomponenten, gevormd door
de ladingsdragers, zijn bestudeerd. Door middel van deze stroomcomponenten zijn er drie gebieden onderscheiden, waarvan de definitie gebaseerd was op de concentratie van dopingsatomen en de concentratie van minderheidsladingdragers in de basis. Deze gebieden zijn:

Gebied I. Gebied van lage injectie. Hier is de concentratie van minderheden, die geïnjecteerd wordt vanuit de basis in de orde van de reeds aanwezige minderheden.
Gebied II. Gebied van middelmatige injectie. De concentratie geïnjecteerde minderheden is zo groot dat de aanwezige hoeveelheid verwaarloosd kan worden. Tegelijkertijd is de geïnjecteerde concentratie veel kleiner dan de concentratie doopstof.
Gebied III. Gebied van hoge injectie. Hier worden er zoveel minderheden geïnjecteerd dat de concentratie in de basis aan de emitterzijde in de orde van de dopingsconcentratie komt.

Van deze drie gebieden is gebied II het ideale operatiegebied, want in dit gebied is de relatie tussen de emitter-basis spanning en de collectorstroom puur exponentieel. De gevonden relaties zijn verwerkt in een gereduceerd Gummel-Poon model. De invloed van de temperatuur op de stromen en operatiegebieden was het volgende onderwerp. Het bleek dat een verhoging van de temperatuur resulteerde in een verkleining van gebied II. Vervolgens werd de emitter-basis spanning met één vergelijking geschreven als functie van de temperatuur. Deze vergelijking beschrijft het temperatuursgedrag in alle drie de gebieden. De invloed van de structuur was verwaarloosd in hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 wordt dit goed gemaakt. Aan de hand van de richting van de collectorstroom worden twee typen bipolaire transistoren onderscheiden:

verticale en laterale transistoren. Een ander onderscheid wordt gemaakt aan de hand van het fabricageproces: BiCmos, waarin de bipolaire transistoren opzettelijk aanwezig zijn en Cmos, waarin de bipolaire transistoren parasitaire componenten zijn. Voor alle componenten werd gevonden dat een grote basisbreedte gunstig is, omdat dit de invloed van de depletielagen vermindert. In het geval van de laterale transistor bleek dat de collectorstroom uit twee gedeelten bestaat: een oppervlaktestroom en een bulkstroom. Deze laatste wordt gevormd door ladingsdragers, die onder de emitter geïnjecteerd worden. Door een goed ontwerp van de transistorstructuur kan één van de componenten dominant gemaakt worden. Is er een schild (gate) aanwezig boven het basisgebied, dan kan de oppervlaktestroom gemoduleerd worden zonder dat de basisstroom meeverandert. Dit kan leiden tot hoge stroomversterkingsfactoren. Wel verandert deze modulatie het temperatuursgedrag van de oppervlaktestroom. In hoofdstuk 5 is de ontwikkelde theorie geverifieerd. Er werd een goede overeenkomst gevonden tussen de theorie en praktijk, zowel voor het gelijkstroomgedrag als het temperatuurgedrag. De gevonden afwijkingen konden toegeschreven worden aan de invloed van substraatstromen. In de metingen waren de drie operatiegebieden duidelijk zichtbaar. De invloed van het schild boven de basis is ook gemeten, waarbij tegelijkertijd het bestaan van de twee stroomcomponten werd aangetoond. De verandering in temperatuurafhankelijkheid van de oppervlaktestroom werd eveneens aangetoond. Als laatste werd in hoofdstuk 6 de opgestelde theorie gebruikt om eisen op te stellen waaraan een transistor moet voldoen voor
een optimaal temperatuurgedrag. Eveneens werd er vanuit de theorie een manier afgeleid om het effect van hoge injectie in een PTAT-spanning te compenseren.

* * *

CODE GENERATION FOR TRANSPORT TRIGGERED ARCHITECTURES

J. Hoogerbrugge
5 februari 1996
Promotors: Prof. dr. ir. A.J. van de Goor en dr. H. Corporaal

Recentelijk (1991) is een nieuwe klasse van instruction level parallel (ILP) computer architecturen geïntroduceerd, genaamd transport triggered architectures (TTA's), met gunstige eigenschappen op het gebied van schaalbaarheid, ontwerpcomplexiteit, haalbare klokfrequenties en prijs-prestatie verhouding. Deze eigenschappen worden voornamelijk verkregen door het overhevelen van complexiteit van de hardware naar de compiler. De vraag is of de compiler deze complexiteit aan kan. Verder is het wenselijk te weten hoe groot de voordelen van TTA's zijn en of er ook nadelen zijn. Dit proefschrift tracht deze vragen te beantwoorden door een compiler voor TTA's te ontwikkelen en experimenten met deze compiler uit te voeren die eigenschappen van TTA's kwantificeren. De ontwikkelde compiler is gebaseerd op de GNU C/C++/Fortran compiler en bevat de volgende technieken die noodzakelijk zijn om een aanzienlijke hoeveelheid ILP te kunnen exploiteren:

1. Extended basic block scheduling: het schedulen van operaties over basic block grenzen om ILP tussen basic blocks te exploiteren. De scheduler verplaatst operaties tussen basic blocks die tot de zelfde region behoren, waarbij een region gedefinieerd is als een maximale acyclische control flow graph met één entry basic block.
2. Software pipelining: het schedulen van operaties over loop iteratie grenzen om ILP tussen loop iteraties te exploiteren. Het gebruikte software pipelining algoritme is gebaseerd op modulo scheduling.
3. Speculative execution: het schedulen van operaties voor operaties waarvan zij control flow afhankelijk zijn.
4. Guarded execution: het omzetten van control flow afhankelijkheden in data flow afhankelijkheden om complexe scheduling transformaties mogelijk te maken.
5. Multi-way branching: het schedulen van meerdere branch operaties in één instructie.

Verder bevat de compiler de volgende TTA specifieke optimalizaties:

1. Bypassing: het doorsluizen van data van functional unit (FU) naar FU zonder de data tussentijds op te slaan in een register file (RF).
2. Dead result move elimination: het verwijderen van zinloze schrijfacties naar een RF.
3. Operand sharing: het delen van operand transporten naar een FU met meerdere operaties.
4. Socket sharing: het delen van RF leespoorten met meerdere operaties.
5. Operand swapping: het verwisselen van operanden van commutatieve operaties om de scheduling vrijheid te verhogen.

In vergelijking met een compiler voor traditionele ILP architecturen is een compiler voor TTA's veel gecompliceerder door de complexere resource administratie en de TTA specifieke optimalizaties die gedurende het schedulen van de code worden uitgevoerd. Desalniettemin is gebleken dat het goed mogelijk is om een efficiënte compiler voor TTA's te ontwikkelen. Met de ontwikkelde compiler zijn een groot aantal experimenten uitgevoerd om inzicht te krijgen in de eigenschappen van TTA's. Gebleken is dat TTA's veel efficienter met resources omspringen dan traditionele architecturen. Dit betekent dat TTA's minder hardware nodig hebben dan gelijk presterende traditionele architecturen, of anders gezegd, TTA's presteren beter dan gelijk kostende traditionele architecturen. Met andere woorden, TTA's hebben een betere prijs-prestatie verhouding. Naast het ontwikkelen van een TTA compiler is in dit onderzoek aandacht besteed aan de vraag: gegeven een applicatie en een aantal ontwerprandvoorwaarden, wat is een goede TTA configu-

ratie voor deze applicatie? Om deze vraag te beantwoorden is een methode ontwikkeld waarmee naar een `optimale' configuratie voor een applicatie kan worden gezocht binnen de ontwerpruimte van TTA's. Deze methode bestaat uit twee stappen. In de eerste stap worden de hoeveelheden FU's, RF poorten, registers en transport bussen bepaald. In de tweede stap wordt bepaald hoe de FU's en de RF's op de transport bussen worden aangesloten. De methode is gedemonstreerd door deze toe te passen op een beeldverwerkings applicatie.

* * *

ADAPTIVE MIRROR MICROMACHINED IN SILICON

G.V. Vdovine
29 maart 1996
Promotor: Prof. dr. ir. S. Middelhoek

Het ontwerp en de technologie van een silicoon geïntegreerde adaptieve spiegel voor correctie van optische vervormingen in opto-elektronische systemen worden in dit proefschrift beschreven. In Overview worden de bestaande benaderingen tot de fabricatie van adaptieve optische componenten beschreven. De analyse van deze benaderingen en de vergelijking met de nieuwe technologische mogelijkheden van silicon micromachining leidt tot de conclusie dat het introduceren van deze micromachining technologieën voor de fabricage van adaptive optische componenten belangrijke technologische en toepassingsgerichte voordelen levert.

In het volgende hoofdstuk wordt een Model van het adaptieve silicone membraamspiegel beschreven. Aan de beschrijving van het mechanische model worden beschrijvingen van mogelijke controle algoritmes toegevoegd. Deze algoritmen kunnen toegepast worden om de adaptieve spiegel te sturen, dit in de context van een adaptief optisch systeem met gesloten lus. Met name worden drie algoritmen beschreven:

- een algoritme voor modale besturing in een lineair adaptief optisch systeem, bestuurd door een lineair wavefront sensor;
- een algoritme voor de besturing van een adaptief optisch systeem door middel van een neuraal netwerk in de terugkoppellus.
- een algoritme voor de wavefront reconstructie van de near-field intensity data

Het hoofdstuk Technology is geweid aan de beschrijving van de fabricage technologie van de adaptieve spiegel. IC-compatibele fabricagetechnologie van goedkope adaptieve membraamspiegels met elektrostatische besturing wordt hier beschreven. De basis fabricagetechnologie kan uitgebreid worden door het toevoegen van samengestelde membraan-elementen, een veranderde ontwerp geometrie en door het gebruik van diffractieve optische componenten. In de nabije toekomst kunnen de beschreven technologieën samengevoegd worden: de fabricage van alle optische, elektronische en mechanische componenten van een adaptief optisch systeem, inclusief besturingselektronica en wavefront sensor, vallen binnen het raamwerk van een uniforme IC-compatibele technologie. Het hoofdstuk Measurements karakteriseert de gefabriceerde optische adaptieve spiegels. De meetresultaten tonen aan dat de micromachined adaptieve spiegels van dusdanig goede kwaliteit zijn, dat ze gebruikt kunnen worden ter verbetering van de optische straal kwaliteit in de meerderheid van moderne optische systemen. Als voorbeeld van een niet traditionele toepassing, wordt een ruimtelijke lichtmodulator gebaseerd op de directe controle van de wavefront curvatuur voorgesteld, gefrabiceerd en gekarakteriseerd.

De resultaten worden samengevat in Conclusion. Hier wordt ook de visie van de auteur omtrent de toekomst van micro-optische silicoon technologie gegeven. Deze visie lijkt erg op een lijstje van "nog te doen'', dit toont aan dat het onderwerp van dit proefschrift zeer aktueel is en in zich in snel tempo ontwikkelt.

* * *

LOW-COST SMART SENSOR INTERFACING

F.M.L. van der Goes
15 april 1996
Promotor: Prof. dr. ir. A.H.M. van Roermund

Een groot probleem in huidige sensorsystemen is het ontbreken van goedkope en nauwkeurige sensor interfaces. Goedkope en nauwkeurige sensorsystemen zouden veel nieuwe toepassingen mogelijk maken en bestaande goedkoper en beter. Een goede manier om dergelijke systemen te realiseren is het combineren van interfaces en microcontrollers. In dit proefschrift beperken we ons tot veelgebruikte sensorelementen zoals capaciteiten, platina weerstanden, thermistors, resistieve bruggen en potentiometers. Verder beperken we ons tot uitleessnelheden en nauwkeurigheden respektievelijk in het bereik 10-1000 metingen per seconde en 10-16 bits. We richten ons op een multi-purpose interface, aangezien dit type momenteel goedkoper kan zijn dan een applikatiespecifieke interface. Om zo eenvoudig en robuust mogelijke circuits te verkrijgen, proberen we de noodzakelijke functies zoveel mogelijk door de microcontroller te laten uitvoeren.
We moeten een aantal meettechnieken toepassen om een goedkope nauwkeurige multi-purpose interface te kunnen realiseren. Deze zijn continue autocalibratie technieken, tweepoort-meettechnieken, synchrone detectie en dynamic element matching. Het blijkt dat de Analoog-naar-Digitaal omzetter in goedkope en nauwkeurige sensor systemen het best geïmplementeerd kan worden door een asynchrone oscillator in combinatie met een microcontroller. Dit volgt na de afweging van belangrijke aspecten zoals het aantal draden tussen de interface en de microcontroller, het formaat van het uitgangssignaal van de interface, de belasting van de microcontroller, de benodigde omzettingstijd en de onderdrukking van diverse

stoorsignalen. De selectie van de referentie- en offsetmeting geschiedt door de interface zelf.
De relaxatieoscillator is gebaseerd op periode modulatie waarbij de spanningsslag over de integratiecapaciteit gemoduleerd wordt. Laagfrequente stoorsignalen worden onderdrukt met synchrone detectie in combinatie met een tweede-orde switched-capacitor (SC) filter. Dit filter onderdrukt tevens laagfrequente 1/f ruis. Deze eigenschap maakt het mogelijk om goedkope CMOS processen te gebruiken, terwijl toch goede resultaten verkregen kunnen worden. Hoogfrequente stoorsignalen worden ook onderdrukt, onder andere door toepassing van dithertechnieken. Het niet-lineare gedrag van de modulator is onderzocht. Het resultaat hiervan is dat aan de eisen die aan de modulator gesteld worden, gemakkelijk voldaan kan worden. Specifieke circuits zijn toegepast om sensor-specifieke meetproblemen op te lossen. Zo zijn bijvoorbeeld een calibratie-vrije spanningsdeler en spanningsversterker toegepast om de nauwkeurige uitlezing van brugsensoren mogelijk te maken. De interface is gerealiseerd in een 0.7mm CMOS proces en is verpakt in een 16-pins DIL behuizing. Het aantal IC-pinnen, waaraan alle sensoren aangesloten worden, bedraagt slechts zes. Om de maximaal haalbare onderdrukking van laagfrequente stoorsignalen te verkrijgen, is de generatie van de integratiestroom gebaseerd of switched-current (SI) technieken. Een interne watch dog houdt het oscillatieproces scherp in de gaten en (her)start de oscillator indien nodig.
De gerealiseerde interface werkt op een enkelzijdige voedingsspanning tussen 3.3V en 5.5V. Het stroomverbruik bedraagt minder dan 2mA. In het algemeen bedraagt de resolutie 16 bits bij een meettijd van 100ms. De resolutie voor capacitieve metingen in het bereik 0-2pF bedraagt 50aF. De niet-lineariteit in het temperatuurbereik -40 ^{0}C tot 80 ^{0}C bedraagt 200 ppm. Zowel resolutie als niet-lineariteit hangen af van de parasitaire capaciteit. De resolutie bij resistieve metingen bedraagt 7mV bij een meettijd van 100ms. Als bijvoorbeeld een Pt100 gemeten wordt, waardoor een stroom met een amplitude van 2mA vloeit, dan bedraagt de resolutie in temperatuur 9mK. Bij thermistors met een gevoeligheid van 4%/K is de resolutie beter dan 1mK bij gelijke meettijd. De niet-lineariteit in het genoemde temperatuur bereik bedraagt 150 ppm. De onnauwkeurigheid van de calibratie-vrije spanningsdeler en spanningsversterker bedragen respektievelijk 500 ppm en 1000 ppm. De onderdrukking van laagfrequente stoorsignalen is bijna gelijk aan het maximaal haalbare.

* * *

HIGH-TEMPERATURE SILICON SENSORS

S.R. in 't Hout
22 april 1996
Promotor: Prof. dr. ir. S. Middelhoek

Dit proefschrift beschrijft een algemene ontwerpmethode waarmee de maximale werktemperatuur van silicium sensoren kan worden verhoogd naar 400 ^{0}C. Deze methode is gebaseerd op het zogenoemde exclusie effect. Een hoge-temperatuur silicium Hall sensor, werkend tot 400 ^{0}C, is gerealiseerd om de methode te demonstreren.

Hoofdstuk 1:

De snelle groei van de massa-produktie sensormarkt is vooral te danken aan de automobielindustrie; om de klant tevreden te houden worden meer en meer sensoren toegepast in elke auto. Dit heeft tot gevolg dat de sensoren steeds goedkoper moeten worden geproduceerd. Daarom kiezen automobielfabrikanten steeds vaker voor de goedkope en goed ontwikkelde massaproduktie silicium technologie voor de produktie van hun sensoren. Een huidig nadeel van silicium sensoren is het nogal beperkte temperatuurbereik, wat het toepassen ervan in een aantal gevallen belemmert. Conventionele silicium sensoren worden over het algemeen gespecificeerd voor temperaturen tot 125 ^{0}C. De maximale temperatuur wordt begrensd door lek door junkties en door thermische generatie van ladingsdragers. Het minderheidsladingsdragers exclusie-effect toont een groot vermogen om het temperatuurbereik van silicium sensoren te vergroten door de thermische generatie van ladingsdragers te neutraliseren. Dit is de basis van de ontwerpmethode.

Hoofdstuk 2:

In dit hoofdstuk wordt het minderheidsladingsdragers exclusie effect geïntroduceerd als een van de vier mogelijke niet-evenwichtstoestanden die kunnen optreden bij een halfgeleider junctie: exclusie, accumulatie, extractie en injectie. De laatste van deze is het meest bekend dankzij zijn toepassing in diodes en bipolaire transistoren. Minderheidsladingsdragers exclusie is gedefinieerd als een lokale onttrekking van minderheidsladingsdragers uit een gebied gelegen aan een stroomgeleidende rand van een halfgeleider. Dit treedt op wanneer het elektrisch veld in de halfgeleider sneller minderheden onttrekt aan het grensgebied dan ze worden aangevoerd door de rand. Als de onttrekking door het elektrisch veld groot genoeg is worden vrijwel alle minderheden weggezogen uit het grensgebied. De grootte van dit geëxcludeerde (minderheids-gedepleteerde) gebied is sterk afhankelijk van de stroom. Voor temperaturen waarbij de halfgeleider intrinsiek is, door overvloedige thermische generatie van ladingsdragers, kan het exclusie effect lokaal de ladingsdragersconcentratie terugbrengen tot het extrinsieke niveau door het gebied te ontdoen van minderheden. De meerder-hedenconcentratie wordt dan in gelijke mate gereduceerd vanwege ladingsneutraliteit en bereikt zodoende het doteringsniveau. Op deze manier behoudt de ladingsdragersconcentratie zijn extrinsieke waarde.

Hoofdstuk 3:

Het temperatuurbereik van silicium sensoren in het algemeen wordt begrensd door junctie-lek, bijv. epi-substraat lek, en door thermische generatie van ladingsdragers. Dit laatste vermeerdert de ladingsdragers-concentratie wat in de meeste gevallen de gevoeligheid van de sensor doet verminderen. De ontwerpmethode waarmee een sterk vergroot temperatuurbereik kan worden verkregen bestaat daaruit dat junctie-lek wordt geëlimineerd door de sensor te realiseren in bulk silicium zonder epilaag, en door de

toename van de ladingsdragersconcentratie tegen te gaan met behulp van het exclusie effect. Hoog-laag junkties bezitten de juiste eigenschappen voor het opwekken van het exclusie effect. Hoog-laag junkties zijn junkties tussen twee gebieden in een halfgeleider, gedoteerd met dezelfde doopstof maar in verschillende concentraties, oftewel n^+n- of p^+p-junkties. Als er een stroom vloeit door een hoog-laag junctie zodanig dat de minderheden van het hoog- naar het laag gedoteerde gebied moeten stromen dan kan het hoog gedoteerde gebied niet voldoende minderheden leveren aan het laag gedoteerde gebied voor een ongestoorde evenwichtssituatie minderhedenstroom in het laag gedoteerde gebied. Dit resulteert in het optreden van exclusie. In bulk silicium kan exclusie het best worden bereikt met behulp van puntcontact hoog-laag junkties. In de praktijk kunnen rond een puntcontact totaal geexcludeerde gebieden met een straal van ongeveer 40 mm verkregen worden bij een temperatuur van 400 ^{0}C. Een sensor die in dit gebied wordt gerealiseerd zal dan een groter temperatuurbereik hebben. Additionele generatie van ladingsdragers aan het silicium-siliciumdioxide grensvlak aan de oppervlakte van de sensor heeft verder nauwelijks invloed op de grootte van het geëxcludeerde gebied rond een puntcontact.

Hoofdstuk 4:

Een extra eis wat betreft het ontwerp van hoge-temperatuur silicium sensoren is dat de biasing van de sensor niet interfereert met het exclusie-effect; anders zou het kunnen dat het exclusie-effect wordt opgeheven. Modulerende sensoren voldoen eenvoudig aan deze eis; in modulerende sensoren kan de instelstroom van de sensor tegelijkertijd gebruikt worden als excluderende stroom. Twee van zulke modulerende hoge-temperatuur sensoren zijn ontworpen en gerealiseerd samen met een kamertemperatuur toepassing van het exclusie-effect. Een silicium temperatuursensor voor temperaturen voorbij de 350 ^{0}C grens is gerealiseerd. De sensor bestaat uit een spreidingsweerstand met een hoog-laag junctie excluderend puntcontact. De weerstand wordt voornamelijk bepaald door het gebied direct rond het puntcontact. Het exclusie-effect houdt de ladingsdragersconcentratie rond het contact op het doteringsniveau en zodoende behoud de weerstand zijn positieve, door de mobiliteit bepaalde, temperatuurcoëfficiënt tot rond de 350 ^{0}C. Als tweede is een silicium Hall sensor ontworpen voor temperatu-ren tot aan 400 ^{0}C. Deze bestaat uit een hoog-laag junctie puntcontact met symmetrisch daaromheen geplaatst twee uitleescontacten. Een groot ohms contact bevindt zich aan de onderkant van de chip en dient als tweede stroomcontact. Het exclusie-effect stelt een significante toename van de ladingsdragersconcentratie uit die anders de gevoeligheid van de sensor zou verminderen.

Als laatste is een unipolaire photogeleider gerealiseerd voor kamer-temperatuur toepassingen welke is gebaseerd op exclusie en accumulatie. De photogeleider is alleen gevoelig voor licht bij één polariteit van bia-sing. Ook deze sensor heeft een hoog-laag junctie puntcontact spreidingsweerstand structuur. Als de instelling zodanig is dat exclusie optreedt bij het puntcontact dan is de sensor niet gevoelig voor licht; alle door het licht gegenereerde minderheden vloeien dan weg van het puntcontact en hebben dan nauwelijks invloed op de totale weerstand. Met de stroom in de tegenovergestelde richting stromen de door het licht gegenereerde minderheden naar het puntcontact toe en hopen daar op, daarmee de totale weerstand verlagend. Een verschil in gevoeligheid van een factor 100 is op deze manier bereikt.

Hoofdstuk 5:

Concluderend, het minderheidsladingsdragers exclusie-effect kan de maximum operationele temperatuur van silicium sensoren verhogen tot 400 ^{0}C door de extrinsieke ladingsdragers concentratie te herstellen in intrinsiek silicium. Ideale exclusie kan goed benaderd worden met behulp van hoog-laag junkties wanneer de verhouding in doteringsconcentraties groot is. In dat geval kan een geëxcludeerd gebied met een straal van 40 mm behouden blijven rond een puntcontact hoog-laag junc-tie bij 400 ^{0}C. Een bulk-silicium Hall sensor werkend tot 400 ^{0}C is gerealiseerd, gebaseerd op het exclusie-effect. De gevoeligheid bij kamertemperatuur is ongeveer 50-70 V/AT en vertoont een ongeveer constante negatieve temperatuurcoëfficiënt.

* * *

PERFORMANCE MODELING OF PARALLEL SYSTEMS

A.J.C. van Gemund
23 april 1996
Promotor: Prof. ir. G.L. Reijns

Prestatiemodellering speelt een fundamentele rol in het ontwerp van zowel applicaties als computers. Dit geldt met name voor parallelle systemen waar de prestatie een primaire rol speelt. Waar de prestatiemodellering van sequentiële computers reeds aanzienlijke problemen oproept, zijn de problemen bij parallelle systemen zo mogelijk nog fundamenteler. Dit is in essentie het gevolg van de grote rol die processynchronisatie speelt in parallelle verwerking. Naast de inherente overhead ten gevolge van het parallelliseren, zijn het, met name voor slecht ontworpen systemen, de synchronisatietijden die tot een enorme prestatieverlies kunnen leiden.

In parallelle systemen kan men zowel een statische vorm als een dynamische vorm van processynchronisatie onderscheiden. De statische vorm, genaamd conditie-synchronisatie, heeft betrekking op precedentierelaties tussen taken die op grond van de parallellisatie vooraf zijn bepaald. De andere vorm, genaamd wederzijdse uitsluiting, betreft de dynamische toewijzing van procesvolgorde als gevolg van de beperkte beschikbaarheid van software of hardware middelen. Hoewel de aanwezigheid van conditiesynchronisatie reeds aanzienlijke prestatieanalysekosten met zich mee brengen kunnen de kosten gemoeid met de analyse van wederzijdse uitsluiting nog veel hoger liggen vanwege het inherente non-determinisme van deze

synchronisatievorm. Er bestaat een grote verscheidenheid aan methoden voor de prestatiemodellering van parallelle systemen, waarbij elke methode een specifieke afweging vertegenwoordigt tussen de nauwkeurigheid van de prestatieanalyse en de rekenkosten die hiermee gemoeid zijn. Enerzijds bestaan er technieken, gebaseerd op representatievormen zoals Petri-netwerken, die een dermate hoge modelleerkracht bieden dat elke vorm van synchronisatie nauwkeurig kan worden uitgedrukt, maar waarvan de prijs een exponentiële rekencomplexiteit in de probleemgrootte is. Anderszijds bestaan er goedkopere technieken, zoals die gebaseerd op simpele taakgraaf representaties, die alleen conditiesynchronisaties verdisconteren. Hoewel de analyse-complexiteit slechts lineair is leidt de verwaarlozing van de verliezen ten gevolge van wederzijdse uitsluiting tot een zeer beperkte nauwkeurigheid.

Dit proefschrift beschrijft een nieuwe aanpak voor de prestatiemodellering van parallelle systemen. Vergelijkbaar met sommige bestaande aanpakken richt de methode zich met name op de beginfase van het ontwerpproces van parallelle systemen waar de nadruk meer ligt op minimale analysekosten dan op een hoge nauwkeurigheid. In afwijking van vergelijkbare goedkope methoden is de nauwkeurigheid echter sterk verbeterd door naast de analyse van conditiesynchronisatie een benadering van de vertragingstijden als gevolg van wederzijdse uitsluiting te introduceren zonder de gunstige rekencomplexiteit op te offeren. Tevens levert de analysetechniek expliciete analytische modellen op zodat programma- en machineparameters in symbolische vorm behouden blijven in het model. Behalve de lage evaluatiekosten wordt op deze manier bereikt dat parameterstudies of mogelijk geautomatiseerde parameteroptimalisaties kunnen worden uitgevoerd zonder dat opnieuw dient te worden gemodelleerd. Naast de lage rekenkosten is ook dit een belangrijke voorwaarde voor een optimale ontwerpdoelmatigheid. De aanpak is gebaseerd op het gebruik van een nieuw simulatieformalisme, genaamd PAMELA (PerformAnce ModEling LAnguage). Hoewel de taal synchronisatieconstructies bevat teneinde a priori geen onnodige benaderingen te introduceren, bevat PAMELA ook gestructureerde operatoren, met name voor de beschrijving van wederzijdse uitsluiting. In combinatie met het gebruik van een materiaal-georiënteerd modelleerparadigma kan zodoende belangrijke informatie met betrekking tot de aanwezige synchronisatiepatronen worden behouden. Als gevolg hiervan kan PAMELA, naast simulatie, worden gebruikt als een brontaal ten behoeve van een automatische vertaaltechniek die een expliciet, analytisch prestatiemodel oplevert. Het model benadert de prestatieverliezen ten gevolge van wederzijdse uitsluiting in de vorm van een ondergrens aan de executietijd. Het nieuwe van de aanpak is de integratie van een taal, een materiaalgeorienteerde paradigma, en een vertaaltechniek binnen één modelleermethodiek.

Terwijl hoofstuk 1 ingaat op de probleemanalyse en de doelstellingen van het onderzoek, geeft hoofdstuk 2 een overzicht van het vele werk dat reeds is verricht op het gebied van de prestatiemodellering van parallelle systemen, teneinde de aanpak in een juist kader te plaatsen. Het werk dat aan de orde komt beslaat methodieken gebaseerd op representatievormen zoals taakgrafen, wachtrijnetwerken, Petri-netwerken, simulatietalen en procesalgebra. In het overzicht wordt een eigen categorisatietechniek gehanteerd teneinde de grote varieteit binnen één raamwerk te kunnen plaatsen. Hoofdstuk 3 presenteert PAMELA, bestaande uit de modelleertaal en de bijbehorende analysetechniek. Er wordt aangetoond dat de expliciete en gestructureerde wijze waarop de materiaalgeoriënteerde modelleermethode beide synchronisatievormen tot uitdrukking brengt grote voordelen biedt met betrekking tot de analyseerbaarheid van het model. Naast een beschrijving van de analysetechniek worden een aantal kenmerkende voorbeelden behandeld. Hoofdstuk 4 beschrijft de principes hoe parallelle computersystemen kunnen worden gemodelleerd met behulp van PAMELA. De methodiek die gehanteerd wordt bij de modellering van zowel gemeenschappelijk- als gedistribueerd-geheugensystemen wordt beschreven aan de hand van vele voorbeelden. Er wordt aangetoond dat, ondanks de restricties in het modelleren van synchronisaties, de beschrijving van de essentiële prestatieaspecten voldoende is, gegeven de benaderende analysetechniek. Hoodstuk 5 presenteert een aantal gevallen waarin diverse kanten van de PAMELA methodiek worden belicht. De onderwerpen die aan bod komen zijn onder meer voorbeelden hoe parallelle applicatiemodellen worden vertaald naar analytische modellen, de modellering van een data flow applicatie op een gedistribueerd-geheugensysteem inclusief een vergelijking van de modelresultaten met praktijkmetingen, een beschouwing van de relatie tussen de analytische techniek en simulatietechnieken, en voorbeelden hoe de PAMELA methodiek wordt gebruikt ten behoeve van programma-optimalisatie, een van de uiteindelijke doelstellingen van de methodiek.

Hoofdstuk 6 staat opnieuw stil bij de benaderende analysetechniek en gaat in op de nauwkeurigheid van de analytische techniek vergeleken met simulatie. Aan de hand van een uitgebreide studie wordt aangetoond dat de ondergrensbenadering een goede schatting oplevert. Tevens wordt aangetoond dat voor systemen met willekeurige volgordepatronen van wederzijdse uitsluiting de gemiddelde relatieve afwijking als gevolg hiervan in het ergste geval nog binnen 50 % ligt, onafhankelijk van de grootte van de systeemparameters. Gezien de hoge mate van parametrisering van de modellen vormt deze robuustheid de uiteindelijke rechtvaardiging van de nieuwe aanpak. Tot slot biedt hoofdstuk 7 een terugblik op het onderzoek en geeft een aantal aanbevelingen voor toekomstige verbeteringen.

* * *

TIME-VARYING SYSTEM IDENTIFICATION, J-LOSSLESS FACTORISATION AND H_∞ CONTROL

X. Yu
25 april 1996
Promotor: Prof. dr. ir. P.M. Dewilde

Deze thesis behandelt twee onderwerpen: lineaire discrete tijdsvariërende systeemidentificatie, en het H_∞ control probleem voor zulke systemen. De modelbeschrijvingen

die worden gebruikt zijn normbegrensde operatoren en toestandsmodellen. Deze beschrijvingen zijn nauw verbonden via een notatie die begin negentiger jaren geïntroduceerd is door Dewilde, Dym en Alpay, in samenhang met een discrete tijdsvariërende realisatietheorie ontwikkeld door Van der Veen. Het voorgestelde identificatiealgoritme voor LTV systemen combineert twee aanpakken, de eerste gebaseerd op ensemble identificatie, en de tweede op een subspace modelleringstechniek. Het algoritme werkt direct op een ensemble van meetdata verkregen door herhaalde experimenten op het tijdsvariërende systeem, en het is een uitbreiding van de zogenaamde moesp methode voor identificatie van tijdsinvariante systemen. Het algoritme behoudt de eigenschappen van moesp en geeft een ongebiasde consistente schatting van het toestandsmodel als de ruis op de uitgang wit is, of gekleurd met gemiddelde waarde nul. Speciale aandacht wordt gegeven aan de klasse van periodieke systemen, waarvoor de herhaling van het experiment intrinsiek is. Het H_∞ -probleem voor discrete tijdsvariërende systemen dat onderzocht wordt in deze thesis is het zogenaamde standaard-H_∞ probleem.

De oplossingsmethode die gebruikt wordt is een uitbreiding van de recente techniek van Tsai, Postlethwaite en Kimura, die ontwikkeld werd voor continue tijdsinvariante systemen. De oplossing is gebaseerd op twee fundamentele begrippen: de chain-scattering representatie en de J-verliesvrije factorisatie. Het H_∞ probleem is oplosbaar als de J-verliesvrije factorisatie van de chain-scattering representatie van het systeem bestaat. In dat geval kunnen de regelaars voor het gesloten-lus systeem op een systematische manier ontworpen worden middels de homografische transformatie van de inverse van de outer factor, geparametriseerd door een willekeurige stabiele en causale operator. Deze regelaars garanderen dat de H_∞-norm van het gesloten-lus systeem kleiner is dan een vooraf opgelegde waarde. Het blijkt dus dat J-verliesvrije factorisaties de basis vormen voor onze oplossingstechniek, zodat hieraan bijzondere aandacht gegeven wordt. Deze factorisatietheorie is uitgebreid van causale (bovendriehoeks) operatoren naar operatoren met gemengde causaliteit, en we ontwikkelen een algoritme voor de factorisatie. Het blijkt dat we één Lyapunov vergelijking en een stelsel van twee Lyapunov-achtige vergelijkingen moeten oplossen. Het stelsel is equivalent aan een Riccativergelijking. Het bestaan van de factorisatie is bepaald door het bestaan van positief-definiete oplossingen van al deze vergelijkingen. Een andere factorisatietechniek is de J-verliesvrije conjugatiemethode van Kimura. In het geval dat de chain-scattering representatie van het systeem causaal is, kan deze methode uitgebreid worden naar het discrete tijdsvarierende domein. Het bestaan van de factorisatie hangt dan af van het positief-definiet zijn van de oplossingen van twee Riccativergelijkingen. Het H_∞-probleem heeft een beschrijving in termen van een bepaald interpolatieprobleem met randcondities. Als de chain-scattering representatie inverteerbaar is, tonen we aan dat deze problemen equivalent zijn en dezelfde condities voor oplosbaarheid hebben. De oplossing bestaat als de zogenaamde Pick-operator die de interpolatiecondities beschrijft positief-definiet is.

* * *

FUNCTIONEEL ONTWERP VAN DATA-FLOW NETWERKEN

P.C. Held
20 mei 1996
Promotor: Prof. dr. ir. P.M. Dewilde

Digitale signaalbewerking wordt steeds vaker gebruikt in allerlei toepassingsgebieden zoals mobiele telefonie, radar, video, audio etc. In de meeste gevallen betekent het gebruik van een signaalbewerkingsalgoritme dat zeer veel operaties moeten plaatsvinden in een korte tijd. Een veel belovende techniek om de benodigde rekenkracht te verkrijgen, is het laten uitvoeren van de signaalbewerkingsalgoritmen op speciaal daarvoor ontwikkelde computer architecturen, waarin de bewerkingen in serie en parallel worden uitgevoerd. Het afbeelden van een algoritme op zo'n architectuur is in het algemeen een complexe zaak. Voor een bepaalde klasse van algoritmen zijn formele ontwerp methoden en technieken ontwikkeld. Kenmerkend voor de methode die in dit proefschrift gevolgd wordt, is de afhankelijkheidsgraaf. Via deze graaf kan precies bepaald worden welke operaties van een algoritme in serie, dan wel parallel kunnen worden uitgevoerd.

In dit proefschrift zullen een aantal programma's (tools) worden beschreven die deze ontwerpmethode ondersteunen. Deze `tools' zijn geïntegreerd in het ontwerpsysteem 'HiFi'. De resulterende architecturen kunnen worden omschreven als data flow netwerken. Deze netwerken bestaan uit een aantal gelijktijdig opererende processen die elk een bepaald programma uitvoeren en onderling kunnen communiceren. De communicatie tussen de processen is asynchroon. De gevolgde methode vereist dat het algoritme in het model wordt uitgedrukt. Dit houdt in dat het algoritme moet worden beschreven in een applicatieve specificatie, die het parallellisme in het algoritme expliciet maakt. We hebben ervoor gekozen om van een procedurele specificatie van het algoritme uit te gaan in plaats van een applicatieve specificatie. Het algoritme wordt dus geschreven in een procedurele programmeertaal. Dit biedt een aantal voordelen aan de ontwerper: (1) de procedurele programmeerstijl is algemeen bekend, (2) veel algoritmen zijn in deze vorm beschikbaar, (3) het schrijven in een applicatieve programmeertaal wordt vermeden, omdat het vaak een moeizame en foutgevoelige taak is. Natuurlijk moet het sequentiële programma geschikt zijn, d.w.z. het sequentiële programma moet impliciet parallellisme bezitten. Het verkrijgen van een programma dat geschikt is voor parallellisatie kan veel algoritmisch ontwerp en onderzoek vergen.

In hoofdstuk 2 geven we als voorbeeld een sequentieel programma voor het vinden van de singuliere waarde van een matrix (SVD). Voor het converteren van een procedurele specificatie naar een applicatieve specificatie is het programma HiPars ontwikkeld. In de hoofdstukken 3-7, beschrijven we achtereenvolgens de klasse van algoritmen die HiPars kan analyseren, de methode waarmee het onderhavige data afhankelijkheids probleem wordt opgelost en tenslotte de uitvoer. De uitvoer is een 'single assignment' program' (SAP), dat precies de data afhanke-

lijkheden tussen de individuele operaties van het programma beschrijft. Een kenmerkende eigenschap van een SAP programma is dat elke variable precies één enkele keer een waarde krijgt.

In hoofdstuk 8 wordt de relatie beschreven tussen index domeinen en de besturingsstructuur van het SAP programma. In hoofdstuk 9 wordt het afhankelijkheidsgraaf model gepresenteerd. De graaf kan bestaan uit een aantal regelmatige delen. Deze delen van de graaf worden beschreven door middel van index domeinen. De afhankelijkheidsgraaf beschrijft het maximaal beschikbare parallellisme van het gekozen algoritme. De graaf vormt tevens het algebraïsche object waarop transformaties kunnen worden toegepast. Als voorbeeld worden enkele transformaties uitgevoerd op de afhankelijkheidsgraaf die is afgeleid van het SVD algoritme. In hoofdstuk 10, wordt een programma beschreven waarmee we zogenaamde hiërarchische graven kunnen afleiden van afhankelijkheidsgraven. Door toepassing van het concept hiërarchie wordt een overzicht verkregen van doorgaans complexe afhankelijkheidsgraven. Het aantal componenten waaruit de hiërarchische graaf bestaat, is direct gerelateerd aan het aantal regelmatige delen waaruit de onderliggende graaf is opgebouwd. Elke component kan op zich weer bestaan uit een graaf. Het is vaak niet realistisch om de afhankelijkheidsgraaf direct op hardware af te beelden vanwege het grote aantal processoren en verbindingen die daardoor zouden ontstaan. Om een architectuur te verkrijgen van realistische afmetingen is het veelal noodzakelijk meerdere operaties samen te voegen, te clusteren, in een enkele processor. Het gedrag van deze processor wordt gespecificeerd door middel van een procedureel programma. Voor dit doel hebben we het programma dg2sap geschreven dat wordt beschreven in hoofdstuk 11.

Elk proces in het uiteindelijke netwerk is in principe onafhankelijk en heeft een bepaald dynamisch gedrag.
In hoofdstuk 12 wordt het dynamisch gedrag van processen gemodelleerd.
Ten slotte wordt in de hoofdstukken 13 - 16 ingegaan op de systeem aspecten van het ontwerp systeem. Aan de orde komt de wijze waarop de ontwerpen in een data base worden opgeslagen en hoe de ontwerper stap voor stap en interactief een architectuur kan afleiden door het aanroepen van de tools. Ook wordt aandacht besteed aan de implementatie van het systeem, dat gebaseerd is op moderne object-georiënteerde methoden en technieken.

* * *

DOPPLER-POLARIMETRIC RADAR SIGNAL PROCESSING

R.J. Niemeijer
20 mei 1996
Promotor: Prof. dr. ir. L.P. Ligthart

Dit proefschrift behandelt radar Doppler-polarimetrie: een methodologie voor het bepalen van de Doppler-snelheid en de polarisatie-afhankelijke reflectie van een radardoel. Doppler-polarimetrische bewerkingsmethoden worden ontwikkeld en geïmplementeerd op het real-time computer systeem van de FM-CW Delft Atmospheric Research Radar (DARR). Tenslotte worden deze methoden geverifieerd met behulp van metingen met DARR aan verschillende radardoelen. Radars werken op basis van het uitzenden en ontvangen van elektromagnetische radiogolven: de verzonden radiogolf reflecteert aan het radardoel en propageert terug naar de radar. Wanneer de reflectie van het radardoel een polarisatie-afhankelijkheid heeft,kan er een verandering optreden in de polarisatie van de radiogolven: de polarisatie van de gereflecteerde radiogolf kan verschillen van die van de invallende radiogolf. De polarimetrische radar heeft twee kanalen: één voor het verzenden en één voor het ontvangen van elektromagnetische golven. Deze kanalen beschrijven respectievelijk de polarisatie van de verzonden radiogolf en de polarisatie van de gereflecteerde radiogolf, waarvoor het ontvangkanaal een geoptimaliseerde ontvangst heeft.

Radar polarimetrie is een methodologie voor de bepaling van de polarisatie-afhankelijke terugwaartse verstrooiingseigenschappen van een radardoel, welke worden beschreven met drie verstrooiings-parameters. Voor een gegeven polarisatie van het zend- en ontvangkanaal is het ontvangen radarsignaal gelijk aan de gewogen som van de drie verstrooiings-parameters. Als de polarisaties van de kanalen bekend zijn, kunnen de gewichtsfactoren worden afgeleid. Door het verrichten van een aantal metingen met verschillende polarisaties van het zend- en ontvangkanaal wordt een aantal ontvangen radarsignalen verkregen, die kunnen worden beschreven als een stelsel lineaire vergelijkingen met bekende gewichtsfactoren. De verstrooiings-parameters worden geschat uit deze ontvangen radarsignalen door gebruik te maken van een methode die gebaseerd is op de kleinste kwadraten. De schatting is dan geoptimaliseerd met betrekking tot additieve ontvangerruis.

Indien het radardoel beweegt, veroorzaakt zijn verplaatsing een fase-verandering van het ontvangen radarsignaal. Door het verrichten van een aantal metingen kan de radiale snelheidscomponent - ofwel Doppler-snelheid - uit de fase-veranderingen worden bepaald. De fase van het ontvangen radarsignaal wordt ook bepaald door de polarisatie-afhankelijkheid van hetzelfde radardoel. Als de polarisaties van de kanalen worden geschakeld, worden de faseveranderingen zowel door de Doppler-snelheid als door de polarisatie-afhankelijkheid bepaald, hetgeen leidt tot fase-dubbelzinnigheid. Meting van de Doppler-snelheid vereist derhalve vaste polarisaties van de kanalen. Aan de andere kant maakt meting van de verstrooiings-parameters het schakelen van de polarisaties van de kanalen noodzakelijk. De fase van het ontvangen radarsignaal wordt alleen bepaald door de polarisatie-afhankelijkheid van het radardoel indien het geen Doppler-snelheid heeft, met andere woorden: polarimetrie vereist een stationair doel. Doppler-polarimetrie is een methodologie voor de bepaling van zowel de Doppler-snelheid als de polarisatie-afhankelijkheid van een bewegend radardoel. Gezien bovenstaande tegenstrijdigheden heeft Dopplerpolarimetrie een intrinsiek conflict: meting van Doppler en polarisatie-afhankelijkheid sluiten elkaar uit. De gevolgde aan-

pak om Doppler-polarimetrie mogelijk te maken is gebaseerd op de volgende overwegingen. Als eerste: wanneer de Doppler-snelheid bekend is, kan de door de Dopplerfrequentie geïnduceerde fase-verandering in het ontvangen radarsignaal worden gecompenseerd. Als tweede: alleen die ontvangen radarsignalen komen in aanmerking voor Doppler analyse, die zijn verkregen met gelijke polarisaties. Als derde: een serie polarisaties wordt geselecteerd voor het toepassen van polarimetrie en deze serie wordt periodiek herhaald om Doppler analyse mogelijk te maken. De voorgestelde Doppler-polarimetrische methode voor meervoudige bewegende doelen is gebaseerd op de bepaling van polarisatie-afhankelijke Doppler-spectra. De tijd tussen de metingen met dezelfde polarisaties is toegenomen, waardoor de maximale ondubbelzinnige Dopplersnelheid is afgenomen. De verstrooiings-parameters kunnen worden geschat uit de coherente Doppler-spectra na compensatie van de Doppler-fasen. Naast coherente Doppler-spectra, is het mogelijk om de verstrooiingsparameters te schatten uit in coherente ofwel vermogens Doppler-spectra. Met de voorgestelde methode is het nu voor het eerst mogelijk om verstrooiings-parameters te bepalen als functie van zowel afstand als Dopplersnelheid. De hieruit ontstane, unieke radar faciliteit wordt in dit proefschrift beschreven. Dankzij deze faciliteit worden nieuwe onderzoeksgebieden ontsloten.

Er wordt onderzocht hoe de selectie van de polarisaties van de kanalen, de verandering van de polarisatie-basis en de onnauwkeurigheid in de schatting van de Dopplersnelheid van invloed zijn op de gevoeligheid van de geschatte verstrooiings-parameters. Voor al deze gevoeligheden wordt aangetoond dat optimalisatie wordt bereikt, wanneer de geselecteerde polarisaties van de kanalen combinaties zijn van de orthogonale basis polarisaties. In het kader van de academische promotie is een operationele, Doppler-polarimetrische radar tot stand gekomen. De Doppler-polarimetrische methode is geïmplementeerd en een grafische omgeving is ontwikkeld voor het realtime computer systeem van de DARR. De verstrooiingsparameters worden in real-time bepaald, weergegeven en opgeslagen. De voorgestelde Doppler-polarimetische methode wordt toegepast op metingen die zijn verricht met DARR. De resultaten van een ronddraaiende plaat illustreren de gevoeligheden van de geschatte verstrooiings-parameters. De resultaten van een regenmeting geven de potentie aan van Doppler-polarimetrie in applicaties voor het meten en karakteriseren van neerslag. De resultaten van metingen aan bewegende voertuigen op een nabije snelweg illustreren andere mogelijke toepassingen.

* * *

AUTOMATIC TEST PATTERN GENERATION FOR THREE-STATE CIRCUITS

J.T. van der Linden
28 mei 1996
Promotor: Prof. dr. ir. A.J. van de Goor

Dit proefschrift handelt over automatische test patroon generatie (ATPG) voor structurele produktie testen ter detectie van `single stuck-at faults' (SSAFs) in combinatorische en met `scan-chains' uitgeruste sequentiële schakelingen. Produktie testen dient ter onderschepping van schakelingen (`chips') met defecten die tijdens fabricage kunnen optreden, zoals missende, extra, of verkeerde stukjes materiaal ergens op de chip. Potentiële detectie van SSAFs, en Iddq detectie van SSAFs en `bridging faults' worden eveneens behandeld. In het bijzonder, worden open vragen onderzocht, betreffende ATPG voor industriële schakelingen welke `three-state' (3-state) structuren bevatten naast de standaard Booleaanse gates. Test patroon generatie (TPG) en fout simulatie (FS) voor 3-state logica dienen andere condities voor fout detectie te gebruiken dan TPG en FS voor Booleaanse logica. TPG dient de interne restricties veroorzaakt door 3-state structuren te respecteren. Tevens dienen externe restricties, bijvoorbeeld veroorzaakt door aangrenzende deelschakelingen, te worden gerespecteerd.

De voornaamste bijdrage van dit proefschrift bestaat uit de generalisatie van de diverse `state-of-the-art' algoritmen en technieken gebruikt binnen ATPG, van het domein van pure Booleaanse logische schakelingen naar het domein van 3-state schakelingen met interne en externe restricties. Specifiek, zijn de `state-of-the-art' algoritmen en techieken binnen deterministische TPG en FS, alsmede algemeen gebruikelijke deelprocessen binnen ATPG, aangepast en uitgebreid voor gebruik in dit domein. Daarnaast zijn twee speciale vormen—ATPG van compacte test sets, en ATPG voor gepartitioneerde schakelingen—eveneens geëvalueerd en gegeneraliseerd naar het laatst genoemde domein. Na een uitgebreide introductie van ATPG en vaststelling van de open vragen in hoofdstuk 1, worden in hoofdstuk 2 het gebruikte model van schakelingen, de nieuw geïntroduceerde (3-state) primitieven, het gebruikte onderliggende signaal model, en de interne restricties ten gevolge van de 3-state primitieven besproken, voor de diverse beschouwde fout/test model combinaties. Daarna worden condities voor fout detectie binnen het Booleaanse en het 3-state domein geïdentificeerd. `Fault collapsing' regels voor de 3-state primitieven worden eveneens besproken.

Hoofdstuk 3 behandelt fout simulatie, met name volgens de zogenaamde `Fast Fault Simulation' (FFS) algoritmen. Na een uitgebreide introductie van FFS worden algoritmen voor Booleaanse en voor 3-state schakelingen gepresenteerd, zowel voor simulatie van enkelvoudige test patronen, als voor het gelijktijdig simuleren van evenzovele patronen als er bits zijn in een machine woord op de gebruikte computer. Hoofdstuk 4 behandelt test patroon generatie. Met name worden het deterministische FAN algoritme, en `leer-technieken' alsmede `dynamic dominators' uitgebreid en aangepast om correct te functioneren in het domein van 3-state schakelingen. Tevens worden specifieke preprocessen voor TPG en `random TPG' besproken en gegeneraliseerd. Alle voorgestelde TPG technieken respecteren de interne restricties, zoals het niet mogen optreden van bus-conflicten, zwevende bussen, etc.

Hoofdstuk 5 breidt de deterministische en random TPG technieken uit zodanig dat zij externe restricties op de te genereren test patronen respecteren. De externe restricties betreffen uitsluiting van, dan wel restrictie tot, bepaalde ingangswaarde combinaties voor groepen ingangen, alsmede vaste ingangswaarden voor bepaalde ingangen. Hoofdstuk 6 behandelt een speciale vorm van ATPG waarbij een zo klein mogelijke test set wordt nagestreefd, teneinde de test applicatie tijd voor schakelingen te beperken. Test applicatie kan vaak een significant deel van de kosten van een geïntegreerde schakeling vormen. Speciale heuristieken worden voorgesteld die tot doel hebben om het nemen van beslissingen door het TPG proces compactie georiënteerd te maken. Hoofdstuk 7 presenteert een partitionerings methode voor zeer grote schakelingen, en een methode om middels ATPG voor de afzonderlijke partities, een test set voor de totale schakeling te verkrijgen, die toch nog aan alle interne en externe restricties voldoet. Resultaten van experimenten in de hoofdstukken 3 tot en met 7 tonen aan dat ontwerp en implementatie van de naar het 3-state domein gegeneraliseerde technieken de efficientie van de meest succesvolle `state-of-the-art' technieken voor Booleaanse schakelingen bewaart. Tot slot biedt hoofdstuk 8 een terugblik op het onderzoek en geeft een aantal aanbevelingen voor toekomstige verbeteringen en uitbreidingen.

* * *

DESIGN OF LOW-VOLTAGE LOW-POWER CMOS OPERATIONAL AMPLIFIER CELLS

R. Hogervorst
14 juni 1996
Promotor: Prof. dr. ir. J.H. Huijsing

Dit proefschrift beschrijft de theorie, het ontwerp en de realisatie van CMOS operationele versterkers die werken op een lage voedingsspanning en weinig energie verbruiken.

Hoofdstuk 1:
De afnemende dimensies in CMOS processen, evenals de groeiende markt voor draagbare batterijgevoede apparaten, hebben ertoe geleid dat elektronische systemen zowel op een lagere voedingsspanning moeten werken als minder vermogen moeten verbruiken. Één van de meest gebruikte analoge bouwblokken in deze systemen is de operationele versterker. In tegenstelling tot digitale circuits, neemt de dissipatie van een versterker niet noodzakelijkerwijs af als de voedingsspanning afneemt. Dit komt omdat in een laagspanningsomgeving, ontwerptechnieken die gebruik maken van het stapelen van transistors moeten worden vervangen door zogenaamde vouwtechnieken. Teneinde de dissipatie van laagspanningsversterkers te minimaliseren, moeten zij zo eenvoudig mogelijk blijven. Uiteraard mag dit niet ten koste gaan van de prestaties van deze versterkers.

Hoofdstuk 2:
Deze dissertatie onderscheidt twee klassen van operationele versterkers. De eerste groep bevat versterkers die kunnen werken op een lage voedingsspanning van twee `gate-source'- en twee verzadigingsspanningen. De tweede groep kan werken op een extreem lage voedingsspanning van slechts één `gate-source'- en één verzadigingsspanning. De eisen dat een versterker energiezuinig moet zijn en tevens op een lage spanning moet kunnen werken zorgt voor een grote afname van de signaal-ruisverhouding. Om deze verhouding te maximaliseren, moet de uitgangstrap in staat zijn signalen te verwerken van voedingslijn tot voedingslijn. Als de versterker als spanningsvolger is geschakeld, dan moet zijn ingangstrap ook fasesignaalspanningen (`common-mode spanningen') van voedingslijn tot voedingslijn kunnen verwerken. In inverterende versterkerconfiguraties, daarentegen, mag het fasesignaalingangs-bereik van de ingangstrap klein zijn.

Hoofdstuk 3:
De ingangstrap van een operationele versterker kan worden opgebouwd uit één enkel verschilpaar. Zo'n ingangstrap kan werken op extreem lage voedingsspanningen. Het fasesignaalingangsbereik van deze trap bevat slechts één van de voedingslijnen, en kan dus alleen worden gebruikt in toepassingen waar het dit ingangsbereik klein mag zijn. Een ingangstrap die in staat is fasesignalen van voedingslijn tot voedingslijn te verwerken is de complementaire ingangstrap. Deze trap bestaat uit een parallelschakeling van een N-kanaal- en een P-kanaalverschilpaar. Een nadeel van zo'n ingangstrap is dat zijn transconductantie (g_m) een factor twee varieert over het fasesignaalingangsbereik, wat een vermogensoptimale frequentiecompensatie van de versterker verhindert. Teneinde het bovenstaande probleem te omzeilen zijn er een aantal complementaire ingangstrappen met constante g_m ontwikkeld. In zwakke inversie kan een constante gm worden verkregen door de som van de staartstromen der ingangstransistors constant te houden. Dit principe is geïmplementeerd in een complementaire ingangstrap waarvan de g_m geregeld wordt door één stroomschakelaar. In sterke inversie kan de g_m constant gehouden worden door dan wel de som van de wortels der staartstromen, ofwel de som van de `gate-source' spanningen der ingangstransistors constant te houden. Gebruikmakend van het eerste principe zijn een complementaire ingangstrap met g_m-regeling door driemaalstroomspiegels en een complementaire ingangstrap met g_m-regeling door een wortelcircuit ontworpen. De g_ms van de ingangstrappen variëren, respectievelijk, 15% en 8%. De som van de `gate-source' spanningen kan constant worden gehouden met behulp van een elektronische zener. Deze techniek resulteert in een compacte schakeling en een g_m variatie van 8%. Een derde methode om de g_m regelen is het gebruik van meervoudige ingangstrappen. Deze techniek resulteert in een g_m die varieert tussen 5%, voor een ingangstrap ingesteld in zwakke inversie, en 20% voor een ingangstrap ingesteld in sterke inversie.

Hoofdstuk 4:
Een uitgangstrap die in staat is signalen van voedingslijn tot voedingslijn te verwerken, is de complementaire gemeenschappelijke `source' configuratie. De vermogensdissipatie van zo'n trap kan laag gehouden worden door

middel van een klasse-AB instelling. Deze manier van instellen combineert een lage ruststroom met een hoge maximale uitgangsstroom. Er zijn grofweg twee manieren om de klasse-AB instelling te verzorgen, namelijk vooruit- en terugregeling. Voorbeelden van de eerste categorie zijn de resistief gekoppelde en de transistor gekoppelde klasse-AB regeling. Beide regelingen zijn geschikt om op een lage voedingsspanning te werken. Er zijn ook twee klasse-AB terugregelingen ontworpen, één ervan meet de stroom door de uitgangstransistoren met behulp van weerstanden, terwijl de andere regeling gevouwen diodes gebruikt. Beide klasse-AB terugregelingen zijn geschikt voor extreem lage voedingsspanningen.

Hoofdstuk 5:
Operationele versterkers zijn meestal opgebouwd uit een aantal versterkertrappen in serie, die elk een dominante pool bijdragen. Dientengevolge moet het frequentiegedrag van zo'n meertrapsversterker gecompenseerd worden, en wel zodanig dat de versterker zich, tot aan de frequentie waar de versterking één is geworden - de transitfrequentie -, gedraagt als een systeem met slechts een enkele pool. Tweetrapsversterkers kunnen worden gecompenseerd met behulp van Miller (MC), gecascodeerde Miller (CMC) of herhaalde (`nested') gecascodeerde Millercompensatie (NCMC). CMC resulteert in de hoogste transitfrequentie voor een gegeven vermogen. Een nadeel van deze compensatietechniek is dat de amplitudekarakteristiek piekt bij hoge uitgangsstromen. Dit beperkt de applicatie van deze techniek tot relatief tamme uitgangstrappen. De NCMC resulteert in een iets lagere transitfrequentie, maar deze methode is wel geschikt voor uitgangstrappen met een hoge signaal-ruststroomverhouding. MC moet worden gebruikt in extreem energiezuinige of ruisarme versterkers, omdat voor deze toepassingen dit de hoogste transitfrequentie geeft. Wanneer de versterking van een tweetrapsversterker te klein is, kan er een drie- of viertrapstopologie worden gebruikt. Deze versterkers kunnen worden gecompenseerd met behulp van, respectievelijk, herhaalde Miller (NMC) of hybride herhaalde Miller compensatie (HNMC). Vergeleken met Millercompensatie verlagen beide methodes de transitfrequentie met een factor twee. Dit effect kan worden voorkomen door middel van meervoudige (`multipath') aansturing. Deze methode verenigt de hoge versterking van een drie- of viertrapsversterker met de hoge transitfrequentie van een tweetrapsversterker.

Hoofdstuk 6:
In dit hoofdstuk worden verschillende ontwerpen van complete operationele versterkers die op een lage of op een extreem lage spanning kunnen werken, behandeld. Zes laagspanningsversterkers zijn ontworpen gebaseerd op een eenvoudige topologie. De versterkers zijn gerealiseerd in een CMOS proces met drempelspanningen van 0,8 V, en kunnen werken op een voedingsspanning van 3 V. De versterkers zijn opgebouwd uit een in- en een uitgangstrap die beide van voedingslijn tot voedingslijn kunnen werken. De eerste twee versterkers bevatten een ingangstrap waarvan de gm geregeld wordt met behulp van driemaalstroomspiegels. De versterkers zijn gecompenseerd met behulp van Miller en gecascodeerde Millercompensatie, resulterend in een transitfrequentie van, respectievelijk, 2,6 MHz en 6,4 MHz bij een belasting van 10 pF. Beide versterkers dissiperen een 0,5 mW. Een tweede paar versterkers is uitgerust met een complementaire ingangstrap waarvan de g_m wordt geregeld met behulp van een zenerdiode. In de eerste versterker is de zener geïmplementeerd door middel van twee diodes, terwijl de tweede een nauwkeurigere implementatie van de zener bevat. De g_m waarden van de ingangstrappen variëren, respectievelijk, 28% en 8%. Beide versterkers hebben een transitfrequentie van 1,9 MHz bij een belasting van 20 pF, en dissiperen 0,6 mW.
De vijfde versterker werkt op een zeer laagvermogen van 50 mW, en heeft een transitfrequentie van 1,5 MHz bij een belasting van 3 pF. Deze combinatie van een zeer laagvermogen en een relatief hoge transitfrequentie is verkregen door de ingangstranistoren in te stellen in zwakke inversie, en door toepassing van NCMC.
De zesde versterker heeft een transitfrequentie die ingesteld kan worden tussen 0,5 MHz en 4,5 MHz bij een belasting van 50 pF, door de voedingsstroom te veranderen tussen 55 mA en 390 mA. Dit grote instelbereik is verkregen door de g_m van de ingangstrap te regelen met behulp van meervoudige ingangsparen. Dankzij een versterkingsverbeteringingstechniek is de versterking meer dan 100 dB bij een belasting van 50 Ohm.
Er zijn twee versterkers ontworpen die kunnen werken op extreem lage voedingsspanningen. Beide versterkers zijn ontworpen in een CMOS proces met drempelspanningen van 0,6 V. Zij werken op een voedingsspanning van 1,5 V, en dissiperen 450 mW. De versterkers zijn gecompenseerd met behulp van HNMC, of HNMC met meervoudige aansturing. De transitfrequenties van de versterkers zijn, respectievelijk, 2 MHz en 6 MHz bij een belasting van 10 pF.
In het laatste deel van dit hoofdstuk wordt gedemonstreerd dat de ontwerpentechnieken zoals besproken in dit proefschrift ook geschikt zijn voor volledig differentiële versterkers. Voor dit doel zijn een 3-V 80-MHz eentraps, een 3-V 7,5-MHz tweetraps en een 1,8-V 2,5-MHz volledig differentiele viertrapsversterker ontworpen.

* * *

TRANSIENT CROSS-BOREHOLE ELASTODYNAMIC SIGNAL TRANSFER THROUGH A HORIZONTALLY STRATIFIED ANISOTROPIC FORMATION

B.P. de Hon
17 juni 1996
Promotor: Prof. dr. ir. P.M. van den Berg

In dit proefschrift is een methode beschreven, om de overdracht te berekenen van transiënte elastodnamische signalen tussen twee verticale, met vloeistof gevulde en door mantels omgeven boorgaten, in een horizontaal gelaagde anisotrope aarde. In het praktijkgebied van de geofysische exploratie is het onderzoek van belang voor het opsporen van aardolie- en aardgas-reservoirs en voor het bepalen van de omvang en de eigenschappen van deze

reservoirs. Onderdelen van de modulair samengestelde methode zijn ook toepasbaar in andere onderzoeksgebieden waarbij golfvoortplanting een rol speelt, in de ela.stostatica, en tot op zekere hoogte in onderzoeksgebieden binnen de regeltheorie en de lineaire algebra. In hoofdstuk 3 wordt de elastische golfvoortplanting in een horizontaal gelaagde anisotrope formatie beschreven. De analyse wordt uitgevoerd in het zogenaamde spectrale domein, waarin de tijdcoordinaat en de horizontale ruimtelijke coordinaten na toepassing van een Laplacetransformatie en een Fouriertransformatie zijn vervangen door transformatieparameters. In het spectrale domein wordt het golfveld vervolgens gesplitst in op- en neerwaarts reizende golven. De gewenste golfvelddecompositie wordt gerealiseerd door toepassing van het splijtmatrixformalisme. Het splijtmatrixformalisme, dat in hoofdstuk 2 is ontwikkeld, vormt de kern van de nieuwe methode en betreft de unificatie van de spectrale één-weg golfvelddecompositie, met het formalisme van Barnett en Lothe ter beschrijving van oppervlaktegolven in anisotrope kristalstructuren. De invariante deelruimten behorende bij open neerwaarts lopende golfveldconstituenten worden volledig bepaald door de verhouding tussen de deeltjessnelheid en de verticale tractie, uitgedrukt in termen van impedantiematrices. Uit de integraalrepresentaties voor de splijtmatrix kunnen deze impedantiematrices direct worden bepaald. Op het niveau van een scheidingsvlak tussen twee vaste stoffen, worden invallende elastische golven deels doorgelaten en deels gereflecteerd. Deze golfveldverstrooiing wordt in het spectrale domein beschreven door de verstrooiingsmatrix, die grotendeels te schrijven is in termen van de impedantiematrices. Door op deze wijze de op- en neerwaarts reizende golven via de verstrooiingsmatrices aaneen te schakelen, wordt het totale elastische golfveld opgebouwd uit gegeneraliseerde stralen.

In hoofdstuk 4 wordt beschreven hoe, uitgaande van de spectrale gegeneraliseerde stralen, de corresponderende ruimte-tijd-golfvelden verkregen worden. Hierbij is gebruik gemaakt van de Cagniard-De Hoop-methode die voor bepaalde symmetrieën is aangepast, zodat een nog efficiëntere representatie verkregen wordt. Voorts is het precieze verband aangetoond tussen de splijtmatrix en de Barnett-Lothe-tensor. Golven die invallen op een boorgat exciteren akoestische golven in dat boorgat. Met behulp van een reciprociteitsstelling wordt in hoofdstuk 5 de akoestische druk in het ontvangende boorgat uitgedrukt in termen van het invallende elastische golfveld en het golfveld behorende bij een rekenkundige toestand, waarin een puntbron een volume injecteert op de plaats waar de akoestische druk berekend dient te worden. In de boorvloeistof in het zendende boorgat wordt met behulp van een bron volume geinjecteerd waardoor een transiënt akoestisch golfveld wordt opgewekt. De wisselwerking tussen het akoestische golfveld in de vloeistof en het elastische golfveld in de mantel van het boorgat en in de formatie daarbuiten, leidt voor relatief langzaam variërende pulsen tot een scheiding in een transversaal elastostatisch probleem en een longitudinaal golfvoortplantingsprobleem. Het elastostatische probleem wordt in hoofdstuk 6 opgelost door conforme afbeeldingen te combineren met de ela>stostatische variant van de Barnett-Lothe-tensor. Het longitudinale golfvoortplantingsprobleem resulteert in buisgolven ("tube waves") die van de bron af op- en neerwaarts reizen. De propagatieëigenschappen van de buisgolven worden voornamelijk bepaald door de gemiddelde compliantie van de binnenwand van het boorgat. Op niveaus waar zich een horizontaal scheidingsvlak tussen twee vaste stoffen bevindt, treedt verstrooiing van de invallende buisgolf op, hetgeen resulteert in een doorgelaten en een gereflecteerde buisgolf. De elastodynamische verstoring op de buitenwand van de boorgatmantel, die met de voortplanting van een buisgolf gepaard gaat, wordt als brondistributie beschouwd voor het bepalen van de afstraling van elastische golven in de horizontaal gelaagde anisotrope formatie. Op dezelfde wijze worden de veldgrootheden bepaald. die bij de rekenkundige toestand behoren waarmee in hoofdstuk 5 de akoestische druk in het ontvangende boorgat ten gevolge van een invallend elastisch golfveld werd beschreven.
In hoofdstuk 7 worden de modulen gecombineerd teneinde de tijd-impulsresponsie behorende bij het genoemde probleem te verkrijgen. De verkregen uitdrukkingen zijn numeriek geïmplementeerd in een computerprogramma. In realistische configuraties treden een aantal bijzondere fysische verschijnselen op, zoals Rayleigh en Stoneley oppervlaktegolven, conische (Mach) golven, verdrievoudiging van golven ten gevolge van singuliere golfoppervlakken in anisotrope materialen, nabije-veld effecten, golfbijdragen ten gevolge van verstrooiing van buisgolven, polarisatie-conversie bij de reflectie en refractie aan de horizontale aardlagen, alsmede post-kritische reflectie van golven. Met behulp van de resultaten van verscheidene numerieke experimenten, zijn deze fysische verschijnselen geanalyseerd.

* * *

THIN FILM COLOUR SENSORS

D.P. Poenar
20 juni 1996
Promotors: Prof. dr. ir. S. Middelhoek en dr. ir. R.F. Wolffenbuttel

Dit proefschrift behandelt de karakterisatie van LPCVD polysilicium, LPCVD PSG en PECVD oxynitride dunne films voor micromachining en optische toepassingen. De implementatie mogelijkheden van dunne film kleurensensoren worden onderzocht en in enkele praktische toepassingen gedemonstreerd.

Hoofdstuk 1 introduceert het begrip "intelligente sensoren" en de basisideeën betreffende fabricagekompatibiliteit, die noodzakelijk is voor het kombineren van de sensor met micro-elektronische schakelingen. De belangrijkste aspekten van het chemisch opdainpsysteem (CVD - Chemical Vapor Deposition) voor dunne films worden samen met de algemene toepassingen van dunne films in sensoren gepresenteerd. Dit hoofdstuk behandelt de werkingsprincipes van kleurensensoren en geeft een overzicht van de bestaande in silicium gerealiseerde kleurensenso-

ren. In Hoofdstuk 2 worden de karakteristieke eigenschappen van LPCVD polysilicium, LPCVD PSG en PECVD oxynitride behandeld. De afhankelijkheid van de mechanische eigenschappen van polysilicium als functie van de depositie parameters wordt geanalyseerd, om dunne polysilicium films met lage interne spanning te fabriceren. De effecten van de depositie parameters en van de daarop volgende thermische stappen op de eigenschappen van PSG worden onderzocht. FTIR spectroscopie wordt gebruikt om gedetaileerd te onderzoeken hoe de eigenschappen van PSG gekorreleerd zijn met de structuur en kompositie van de film. Tenslotte worden de optische eigenschappen gepresenteerd van de, in de fabricage van n-ßcro-elektronica meest voorkomende, films, met nadruk op LPCVD polysilicium en PECVD oxynitride films.

Hoofdstuk 3 behandelt de ontwerptheorie van antireflectie interferentie filters. Meerdere ontwerpmethoden worden vergeleken, resulterend in een beperkt aantal multilaags structuren, die na computeroptimalisatie zijn gerealiseerd. Hoofdstuk 4 geeft een gedetailleerde beschrijving van de fabricage stappen van de geoptimaliseerde ontwerpen. Hoofdstuk 5 presenteert de meetresultaten van de gerealiseerde dunne-film kleurensensoren. De photodetectoren, gerealiseerd in polysilicium en in het substraat, hebben een goede lichtdetectie-efficiëntie en spectrale selectiviteit. Hoofdstuk 6 geeft een overzicht van de in dit proefschrift gepresenteerde resultaten en algemene conclusies. De voordelen en nadelen van de toepassingen van dunnefilm kleurensensoren in "intelligente silicium sensoren" worden behandeld. Tenslotte worden enkele toekomstperspectieven gegeven.

* * *

HF SILICON ICs FOR WIDE-BAND COMMUNICATIONS SYSTEMS

L.C.N. de Vreede
25 juni 1996
Promotors: Prof. dr. ir. R.G. Baets en dr. ir. H.C. de Graaff

Dit proefschrift behandelt een aantal facetten van de toepassing van silicium in het realiseren van geïntegreerde hoogfrequente schakelingen. De behandelde onderwerpen kunnen in drie categorieÙn verdeeld worden:

Technologiekarakterisatie: hierbij is een accent gelegd op de belangrijkste component in het HF silicium-ontwerp: de bipolaire transistor. Van dit onderdeel worden traditioneel de hoogfrequente eigenschappen uitgedrukt in de afsnijfrequentie f_T en de maximale oscillatiefrequentie f_{max}. Voor geïntegreerde schakelingen zijn deze kwaliteitsgetallen echter minder geschikt. Dit is de motivatie voor de bespreking van twee "nieuwe" kwaliteitsgetallen die beter aansluiten bij de ontwerppraktijk van geïntegreerde hoogfrequente schakelingen. De kwaliteitsgetallen die ontwikkeld zijn in de onderzoeksgroep hebben betrekking op de schakelsnelheid t_{opt} van CML-poorten en op het hoogfrequente ruisgedrag van een bipolaire transistor in een geaarde-emitterconfiguratie. De zo verkregen informatie maakt het mogelijk, op basis van een beperkt aantal procesgegevens, een afschatting te maken van de realiseerbaarheid van bepaalde systeemfuncties met een gegeven procestechnologie.

Modellering: de ontwerptechniek van geïntegreerde schakelingen kenmerkt zich door het gebruik van equivalente elektronische vervangingsschema's voor de toe te passen actieve componenten. Naarmate deze vervangingsschemas de fysica beter beschrijven, kunnen de componenteigenschappen efficiënter worden benut. De nauwkeurigheid van het model is dus van groot belang in de ontwerpfase. Om deze reden is een belangrijk deel van dit proefschrift gewijd aan compacte bipolaire transistormodellen. Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de formulering en de eigenschappen van de vier belangrijkste, in de open literatuur vrij toegankelijke, transistormodellen. Dit zijn in volgorde van complexiteit: EbersMoll, Gummel-Poon, Extended Gummel-Poon (VB1C95) en Mextram. Van deze modellen worden de modelkarakteristieken onderling vergeleken voor DC-, AC- en grootsignaalcondities. Nadere bestudering van de grootsignaaleigenschappen heeft geleid tot een uitgebreidere formulering van de basis-collectorlading voor bipolaire epilaag-transistormodellen. Dit resulteert in een verbeterde modeliering van de niet-lineare distorsie bij de aanzet van quasi-saturatie, alsmede het verdwijnen van niet-fysische discontinuïteiten in de $f_T(I_c)$ karakteristieken en Early spanningen voor laag gedoteerde epilaagtransistoren.

Ontwerptechniek: stabiliteit is een belangrijk aspect in het ontwerp van breedbandversterkers voor telecommunicatietoepassingen. Met behulp van de huidige siliciumtechnologie met sterk verbeterde hoogfrequente eigenschappen is het in principe mogelijk om zeer breedbandige versterkers met een hoge versterking te realiseren. In het algemeen zijn deze versterkers echter begrensd in hun versterkings-bandbreedteprodukt door het onvermijdelijke parasitaire reactieve gedrag van de IC-aansluitingen. Dit proefschrift bevat een systematische behandeling van de stabiliteitsaspecten van breedbandversterkers en geeft richtlijnen voor de te kiezen versterkertopologie. Het uitgangspunt hierbij is de versterker zo stabiel mogelijk te maken onafhankelijk van de aansluitconfiguratie, aansluitparasieten en eventuele asymmetrie. Ter illustratie van de tijdens dit promotieonderzoek gecreeërde ontwerpomgeving is een aantal circuits ontwikkeld voor gebruik in een optische telecommunicatieontvanger: een serie van ruisarme voor versterkers en een versterker met een automatische volumeregeling (AGC).

* * *

INTEGRATED ELECTROSTATIC RMS-TO-DC CONVERTOR FABRICATED IN A BIFET-COMPATIBLE SURFACE-MICROMACHINING PROCESS

B.P. van Drieënhuizen
28 juni 1996
Promotors Prof. dr. ir. S. Middelhoek en dr.ir. R.F. Wolffenbuttel

Het doel van het onderzoek, dat in dit proefschrift wordt gepresenteerd, is het ontwerp van een elektrostatische RMS-naar-DC omzetter, gefabriceerd met oppervlakte-mierofabricagetechnieken en de ontwikkeling van een fabricageproces, dat compatibel is met een standaard bipolair elektronisch proces.

Hoofdstuk 1
De combinatie van silicium transducenten met microelektronica op één chip, resulteert in een 'intelligent systeem' en maakt integratie van complexe functies mogelijk. Binnen het vakgebied van de microfabricage worden de uitstekende mechanische eigenschappen van silicium gebruikt voor het realiseren van geminiaturiseerde mechanische systemen van hoge kwaliteit. Het combineren van deze micromechanische structuren met elektronische circuits, door middel van een compatibel proces, resulteert in een micro-elektro-mechanisch-systeem (MEMS). De voorgestelde ge´ntegreerde elektrostatische RMS-naar-DC omzetter is zo'n systeem.

Hoofdstuk 2
De Root Mean Square (RMS, Root=wortel, Mean=gemiddeld, Square=kwadraat) waarde beschrijft de energie-inhoud van een willekeurig signaal en is een belangrijke parameter bij metingen aan wisselspanningssignalen (AC) met bekende en onbekende golfvorm, ruis- en vermogensmetingen. De RMS waarde wordt gemeten met een 'true (echte)' RMS omzetter, waarvan de werking gebaseerd kan zijn op een elektronische implementatie van de Kwadraat, Gemiddelde en Worteltrek operatie of gebruik gemaakt wordt van een fysische relatie uit het thermische, magnetische of elektrostatische domein, om deze operaties te implementeren. De elektrostatische omzetter is gebaseerd op een elektrostatische kracht, die werkt op een vrijhangende elektrode, en, als gevolg van de elastische reactiekracht van de balk en luchtdamping, resulteert in een statische verplaatsing van de elektrode evenredig met het kwadraat van de RMS waarde van het aangeboden wisselspanningssignaal. De elektronische en de thermische RMS omzetter kunnen monolitisch ge´ntegreerd worden met behulp van standaardtechnieken. Met oppervlaktemicrofabricagetechnieken kan ook de eiektrostatische omzetter geïntegreerd worden. Dit maakt massafabricage mogelijk en maakt true-RMS metingen in kleine draagbare meetapparatuur, gebaseerd op deze techniek, haalbaar vanuit economische perspectief. Als de mechanische structuur gecombineerd wordt met uitleeselektronica op één chip, kan een nauwkeurige, breedbandige RMS omzetter worden gerealiseerd.

Hoofdstuk 3
Omdat in standaard IC fabricageprocessen dunne (< 1 mm) lagen gebruikt worden, zijn de verticale afmetingen van de oppervlaktemicrofabricagestructuren gelimiteerd. Hierdoor is de gevoeligheid van een parallelle plaatstructuur groter dan van een laterale kamstructuur, in het geval van elektrostatische aandrijving en capacitieve uitlezing. De voorgestelde structuur bestaat uit drie elektroden, een bodem, substraat elektrode, een beweegbare middelste, polysilicium elektrode en een vaste top elektrode van polysilicium/nitride. De structuur wordt aangedreven met behulp van de middelste en de onderste elektrode en detectie van de verplaatsing van de middelste elektrode vindt plaats door meting van de capaciteitsverandering tussen de middelste en de bovenste elektrode. Voor kleine verplaatsingen is de capaciteitsverandering evenredig met de verplaatsing van de elektrode. De structuur wordt gemodelleerd met een vlakke plaat, opgehangen aan een veer. De veerconstante wordt voornamelijk bepaald door de intrinsieke trekspanning in de middelste polysilicium elektrode. De luchtfilm in de kleine afstand tussen de elektroden, veroorzaakt 'squeeze film' (uitknijpen van de luchtfilm) demping. Voor hoge frequenties vermindert de demping en de gasfilm gedraagt zich als een veer, hetgeen een gevolg is van de samendrukbaarheid van het gas. Door een elektrisch equivalent circuit te gebruiken kan de structuur worden gesimuleerd en de afmetingen van de structuur worden afgestemd op een optimaal dynamisch gedrag. In een gesloten-lus configuratie, zoals de nulbalancerings elektrostatische RMS voltmeter, wordt de invloed van procesparameters verminderd. Afhankelijk van het filter en de versterking, die in de lus worden gebruikt, kan een nauwkeurige (0.1%) RMS omzetting gerealiseerd worden, voor frequenties boven 80Hz. Coherente detectie wordt gebruikt om de signaal-ruis verhouding te verbeteren en kan worden geëmplementeerd in een één-traps bipolair uitleescircuit.

Hoofdstuk 4
Silicium heeft zeer goede mechanische eigenschappen en de mechanische structuren kunnen worden gerealiseerd met behulp van bestaande microfabricagetechnologie. Zowel bulk- als oppervlaktemicrofabricagetechnieken worden gebruikt. De integratie van micromechanica en uitleeselektronica resulteert in een verbeterde signaal-ruis verhouding vergeleken met hybride oplossingen. Een gecombineerd proces, daarentegen, is minder flexibel en complexer dan een hybride proces. Indien oppervlaktemicrofabricage als een compatibel post-proces wordt toegevoegd, kunnen standaard circuitelementen uit een elektronisch-circuitbibliotheek gebruikt worden, hetgeen de ontwerptijd verkort.

Hoofdstuk 5
Oppervlakte microfabricage na de beëindiging van een bipolair elektronisch proces (DIMESOI) legt aantal compatibiliteitsvoorwaarden op, zoals gelimiteerd thermisch budget en een beperking van de gebruikte materialen en laagdiktes. Omdat een hoge-temperatuur stap, om de intrinsieke spanning te verlagen in de structurele lagen, niet compatibel is, is een depositieproces voor polysilicium met lage trekspanning ontwikkeld. Depositie beneden de transitietemperatuur en vervolgens in-situ annealen, resulteert in een lage trekspanning (1000.10^{-6}) in een

fijne-korrel polysiliciumlaag. Siliciumrijk LPCVD nitride met een lage trekspanning (500.10^{-6}) wordt gebruikt. Aantasting van de polysilicium structuren gedurende de polysilicium korrelverwijdering, tijdens het etsen van het $Al/Si_{1\%}$ wordt voorkomen met behulp van een extra beschermende TEOS laag. Een aluminium beschermend lakmasker in combinatie met 'padetch' wordt gebruikt om aluminium te beschermen gedurende de laatste 'sacrificial' PSG ets. Strengen van structurele lagen, die langs de randen van onderliggende lagen aanwezig blijven na het droog-etsen, worden verwijderd door een combinatie van een enigszins isotroop plasma-etsproces, hellende zijwanden van het 'sacrificial' PSG en door overetsen. Om het overetsen mogelijk te maken, zonder aantasting van de onderliggende lagen wordt een PSG laag gebruikt als bescherming. Speciale ontwerpregels worden gebruikt bij het ontwerp van de ankerpunten van de structurele lagen en de bedrading op het substraat en om de staphoogte van de bedrading in de contact openingen naar de elektronische gebieden te verkleinen. Het tegen het substraat vastplakken van de vrijgeëtste structuren gedurende de spoel-droog-cyclus wordt voorkomen door gebruik te maken van een vries-droog techniek. Cyclohexaan wordt gebruikt als laatste spoelvloeistof en wordt vervolgens ingevroren en gesublimeerd. Vrijstaande RMS omzetters en bipolaire elektronische schakelingen zijn gerealiseerd in één chip. Meting van de karakteristieken van een NPN transistor voor en na oppervlaktemicrofabricage, vertoont geen verschil en bewijst daarmee de BIFET compatibiliteit van het oppervlaktemicrofabricageproces.

Hoofdstuk 6

Spanningsmeetstructuren op een chip kunnen worden gebruikt tijdens het ontwikkelen van een proces en het controleren van de spanning in dunne lagen. Voor het meten van zowel druk- als trekspanning, kunnen conversiestructuren, gebaseerd op 'buckling' (krullen/buigen) van een ingeklemde balk, of draaiende-wijzertechniek worden gebruikt. De structuren gebaseerd op 'buckling' moeten echter in een array geplaatst worden, terwijl de draaiende-wijzerstructuren slects één enkele structuur vereisen. De verdraaiing is recht evenredig met de spanning in de film. De rotatieweerstand, die veroorzaakt wordt door de minimale dikte van de scharnierpunten, kan worden gemodelleerd met behulp van eindige elementen (FEM) simulaties, hetgeen resulteert in een spanningsonafhankelijke correctiefactor. Wanneer een optische microscoop of elektronenmicroscoop (SEM) wordt gebruikt om de verplaatsing van de tip van de draaiende wijzer te meten, kan de spanning worden berekend met behulp van deze correctiefactor. De meetstructuur kan worden gebruikt op elke microfabricagechip and geeft de ontwerper de mogelijkheid om ook na het uitvoeren van het oppervlaktemicrofabricageproces en verzagen van de wafer, de intrinsieke spanning te controleren.

ASSESSMENT OF DAILY PHYSICAL ACTIVITY BY REGISTRATION OF BODY MOVEMENT

C.V.C. Bouten
8 september 1995
Promotoren: Prof. dr. ir. J.D. Janssen en Prof. dr. ir. W.H.M. Saris

Het meten van de dagelijkse lichamelijke activiteit bij de mens is van groot belang bij het verkrijgen van inzicht in de relatie tussen lichamelijke activiteit en gezondheid. Hoewel een grote diversiteit aan meetmethoden voor lichamelijke activiteit is ontwikkeld, zijn slechts weinige van deze methoden geschikt voor de objectieve bepaling van lichamelijke activiteit in het dagelijks leven. Het in dit proefschrift beschreven onderzoek was gericht op de ontwikkeling en evaluatie van een methode voor het meten van lichamelijke activiteit onder normale dagelijkse leefomstandigheden. Deze methode is gebaseerd op registratie van lichaamsbeweging met een op het lichaam bevestigde drie-assige versnellingsopnemer in combinatie met een procedure voor de bewerking van de versnellingssignalen, zodanig dat deze gerelateerd kunnen worden aan lichamelijke activiteit. Evaluatie van de methode vond plaats tijdens twee laboratoriumonderzoeken en een veldonderzoek. Daarbij is de methode gerelateerd aan het metabole energiegebruik benodigd voor lichamelijke activiteit.
De eerste onderzoeksstappen hadden betrekking op de ontwikkeling van de drie-assige versnellingsopnemer (50 x 30 x 8 mm, 16 gram), bestaande uit drie afzonderlijke één-assige piëzoresistieve versnellingsopnemers. Naar aanleiding van experimenten waarbij de drie-assige versnellingsopnemer mechanisch werd belast, is geconcludeerd dat de opnemer valide en betrouwbaar is voor het meten van versnellingen die voorkomen tijdens willekeurige menselijke bewegingen (< = 20 Hz; -6 g tot +6 g). De relatieve bijdrage van de afzonderlijke meetrichtingen van de versnellingsopnemer aan de schatting van het energiegebruik benodigd voor lichamelijke activiteit (EE_act, gedefinieerd als het totale energiegebruik verminderd met het slaapmetabolisme) werd bepaald tijdens strikt gedefinieerde activiteiten in het laboratorium (zitten en lopen). Tevens werd tijdens dit onderzoek bekeken op welke wijze de output van de versnellingsopnemer bewerkt moest worden voor de meest nauwkeurige schatting van lichamelijke activiteit, gekwantificeerd als EE_act. De resultaten toonden aan dat, indien verschillende activiteiten (lopen, zitten) worden uitgevoerd, EE_act beter voorspeld wordt aan de hand van de output uit drie meetrichtingen dan aan de hand van de output uit één van de afzonderlijke meetrichtingen. Bepaling van de som van de integralen van de moduli van de output uit de drie afzonderlijke meetrichtingen (IMA_tot) bleek de beste procedure voor databewerking te zijn. Toepassing van deze procedure resulteerde in een sterk lineair verband tussen geregistreerde beweging en EE_act voor de gecombineerde data van alle activiteiten (r = 0.95).
De output van een op het lichaam bevestigde versnellingsopnemer - en dus ook IMA_tot - is, behalve van lichaamsversnelling, afhankelijk van versnellingsbronnen buiten het lichaam, zoals gravitatieversnelling en versnellingen van vervoermiddelen. De invloed van gravitatieversnelling is een functie van de oriëntatie van de versnellingsopnemer te opzichte van het gravitatieveld. Verder is de output van een op het lichaam bevestigde versnellingsopnemer afhankelijk van de plaats van bevestiging. De invloed van de oriëntatie en bevestigingsplaats van versnellingsopnemers op het lichaam werd onderzocht tijdens lopen. Met behulp van twee-dimensionale kinematische gegevens van de loopbeweging, verkregen via videoregistraties, werd IMA_tot - met en zonder correctie voor gravitatieversnelling - gesimuleerd op verschillende plaatsen op het lichaam. IMA_tot bleek sterk afhankelijk te zijn van de oriëntatie en bevestigingsplaats van versnellingsopnemers op het lichaam. De nauwkeurigheid van de voorspelling van EE_act aan de hand van IMA_tot werd echter niet beïnvloed door deze factoren. Het gebruik van meerdere versnellingsopnemers op verschillende plaatsen op het lichaam resulteerde niet in een verbetering van de voorspelling van EE_act tijdens lopen.
Om de relatie tussen geregistreerde beweging en energiegebruik te kunnen onderzoeken onder dagelijkse leefomstandigheden, werd een draagbare data unit ontwikkeld voor de directe registratie, bewerking en opslag van de output van de versnellingsopnemer over tijdsintervallen van 1 minuut. Deze data unit (110 x 70 x 35 mm, 250 gram inclusief batterijen) kan gedragen worden aan een riem en is via een flexibele kabel verbonden met de drie-assige versnellingsopnemer. De data unit en de versnellingsopnemer, samen Tracmor genoemd, werken gedurende 8 dagen op twee 9V batterijen. Het prototype van de Tracmor werd getest tijdens een gestandaardiseerd activiteiten protocol in een respiratiekamer. 13 Volwassen mannen verrichtten een scala aan voorgeschreven dagelijkse activiteiten terwijl lichaamsbeweging en EE_act werden gemeten. Zowel voor de individuele (r = 0.87 - 0.89) als voor de samengevoegde gegevens van alle proefpersonen (r = 0.89) werden sterke correlaties tussen IMA_tot en EE_act gevonden.
Evaluatie van de uiteindelijke versie van de Tracmor vond plaats bij 30 jong-volwassenen gedurende een 7-daagse periode onder dagelijkse leefomstandigheden. Er werd een significant verband aangetoond (r = 0.58) tussen de gemiddelde wekelijkse Tracmor output en het gemiddelde dagelijkse activiteitenniveau, gekwantificeerd als het totale dagelijkse energiegebruik (gemeten met tweevoudig gemerkt water) als veelvoud van het slaapmetabolisme (gemeten in een respiratiekamer). Dit verband werd sterker (r = 0.73) na eliminatie van extreem hoge Tracmor waarden die het gevolg waren van versnellingen geproduceerd door vervoermiddelen. Er was echter nog steeds een aanzienlijke variatie in de ratio tussen totaal energiege-

bruik en slaapmetabolisme die niet verklaard kon worden aan de hand van Tracmor registraties. Deze variatie werd voornamelijk toegeschreven aan houdingen en statische activiteiten die niet adequaat gemeten kunnen worden met de Tracmor maar wel resulteren in energiegebruik. Desondanks bleek de Tracmor zeer geschikt voor het onderscheiden van zowel inter-individuele als intra-individuele verschillen in dagelijkse lichamelijke activiteit. Omdat de Tracmor over korte, instelbare tijdsintervallen informatie verschaft omtrent dagelijkse activiteit, kunnen tevens patronen van activiteit in de tijd bestudeerd worden.
De toepasbaarheid van de Tracmor voor het meten van dagelijkse lichamelijke activiteit bij patiënten met een verwacht abnormaal activiteitenniveau is onderzocht bij vrouwen met anorexia nervosa en mannen met een pacemaker gedurende periodes van 1 tot 2 weken. Anorexia nervosa wordt vaak geassocieerd met een overmaat aan activiteit, terwijl pacemaker patiënten gekenmerkt worden door een laag activiteitenniveau. Bij de vrouwen met anorexia nervosa ($n = 11$) bleek de dagelijkse lichamelijke activiteit afhankelijk te zijn van de zogenaamde "body mass index" (lichaamsgewicht x lengte^{-2}, in kg m^{-2}; $r = 0.84$). Bij vrouwen met een body mass index > 17 kg m^{-2} was het dagelijks activiteitenniveau hoger dan dat van controle personen. Aangenomen werd dat deze overmaat aan activiteit, die het gevolg is van de sterke motivatie om lichamelijk actief te zijn, wordt bevorderd door een laag lichaamsgewicht in combinatie met een verbeterde lichamelijke belastbaarheid. Vrouwen met een body mass index < 17 kg m^{-2} waren minder actief dan de controle personen. In deze groep zijn hoge of zelfs normale activiteitenniveaus niet mogelijk als gevolg van een verminderde lichamelijke belastbaarheid.
In de tweede patiënt studie werd de Tracmor gebruikt om de mogelijke voordelen van tweekamerige pacemakers ten opzichte van éénkamerige pacemakers op het dagelijkse activiteitenniveau te bepalen bij 6 mannen met een volledig atrioventriculair block. De resultaten toonden aan dat de extra kosten en de complexiteit van tweekamerige pacemakers alleen gerechtvaardigd worden door een toename in dagelijkse activiteit bij personen met een relatief actieve levensstijl.
Hoewel de in dit proefschrift beschreven onderzoeken de exacte relatie tussen geregistreerde beweging (Tracmor output) en energiegebruik niet kunnen verklaren, tonen ze wel aan dat de Tracmor een aanzienlijke bijdrage heeft geleverd op het gebied van het meten van activiteit. Gelet op kosten, betrouwbaarheid, gebruiksgemak en algemene toepasbaarheid, is de Tracmor superieur ten opzichte van andere in de literatuur beschreven meetmethoden voor dagelijkse lichamelijke activiteit. De Tracmor kan een waardevol hulpmiddel zijn bij wetenschappelijk onderzoek, voor bepaling van de respons op behandelingsmethoden en activiteitsinterventies en voor diagnostische doeleinden.

* * *

A HARDWARE/SOFTWARE CODESIGN STRATEGY FOR THE IMPLEMENTATION OF HIGH-SPEED PROTOCOLS

M. Heddes
11 september 1995
Promotoren: Prof. ir. M.P.J. Stevens en Prof. Dr.-Ing. J.A.G. Jess

Door de vooruitgang in glasvezel- en netwerktechnologie is in de huidige communicatiesystemen de eenheid die het protocol verwerkt de limiterende factor geworden. Uit de literatuur zijn twee generieke methoden bekend om dit probleem op te lossen. De ene methode past parallellisme toe tussen verschillende protocolstacks, tussen verschillende protocollagen in een stack, en tussen entiteiten in een laag. Dit vindt hoofdzakelijk plaats op macro-niveau, en micro-parallellisme is nauwelijks onderzocht. In de tweede methode worden de limiterende functies door een hardware coprocessor uitgevoerd. Meestal worden de functies voor de coprocessor adhoc gekozen: het is niet duidelijk wat een optimale balans tussen hardware en software is.
Het doel van dit proefontwerp is het definiëren van een architectuur voor een algemeen toepasbare, programmeerbare protocolprocessor bestemd voor zeer hoge verwerkingssnelheden (minstens 1.2 GBit/s, of minstens 600k pakketten/s). Door het optreden van vele randvoorwaarden, vele parameters, de hoge snelheid en de complexiteit van de functies, is het verre van triviaal om uitgaande van de beschrijving tot de implementatie van een protocol te komen. Dit proefontwerp presenteert hiertoe een ontwerpstrategie gericht op de implementatie van systemen zoals hierboven beschreven. Aan de hand van het ontwerp van een flexibele protocolprocessor wordt aannemelijk gemaakt dat deze strategie uitermate werkzaam is.
Kenmerkend aspect van deze ontwerpstrategie is de concentratie op de architectuur en niet op de specificatie: Een diepgaande analyse van bestaande protocolimplementaties levert z.g. basisfuncties op, die op het niveau van de architectuur vaak vanzelfsprekend lijken, maar meestal in een specificatie niet eenvoudig, of gewoonweg niet te ontdekken zijn. Deze basisfuncties worden gedefinieerd, gericht op het verkrijgen van ondersteunende hardware voor algemene protocolverwerking, speciaal met de nadruk op het z.g. foutvrije pad in een algemeen protocol. Micro- parallellisme wordt bereikt door deze kernfuncties als de kleinste eenheid van parallellisme te definiëren. Een balans tussen hardware en software kan dan worden bepaald met behulp van modelleringsmethoden.
Verschillende nieuwe architecturen voor VLSI worden voorgesteld: De observatie dat timers in protocollen onnauwkeurig mogen zijn, leidt tot een efficiënte VLSI implementatie. Een gelaagd model voor de implementatie van geheugenbeheer wordt gedefinieerd. De kern bestaat uit een architectuur voor bufferbeheer, waarvoor patent is aangevraagd. De taak voor het verwerken van de header wordt verdeeld in de volgende processen: afsplitsen van de header, afsplitsen van de parameters, vertaling van het adres en het beheren van toestandsvariabelen, waarbij elk proces als een pipeline opereert. Deze taak wordt hierdoor eenvoudig en kan worden uitgevoerd door eenvoudige,

maar programmeerbare hardware modulen. Parameters van de header kunnen op een efficiënte wijze worden geïnterpreteerd door een functioneel geheugen, waarvoor twee nieuwe implementatiemethoden worden voorgesteld, beide gepatenteerd. Een algemeen "rate-control" schema, waarin alle in de literatuur bekende schema's zijn opgenomen, wordt beschreven. De methode vereist de uitvoering van een algoritme alleen als een pakket verzonden moet worden en periodieke berekeningen zijn niet nodig.
Een architectuur voor een flexibele protocolprocessor, bestaande uit verschillende hardware componenten plus een eenvoudige "von Neuman" microprocessor, is beschreven. De geschatte prestatie, gebaseerd op LLC 8802-2.2 en onafhankelijk van het aantal actieve timers en het aantal actieve verbindingen, ligt tussen de 550K en 800K pakketten per seconde. Met een korte pakketlengte van 256 bytes leidt dit tot verwerkingssnelheden van 1.1 Gbit/s tot 1.6 Gbit/s. Voor een programmeerbare protocolprocessor moet de klassieke "von Neuman" kern samen met de verschillende voorgestelde hardware componenten worden geïntegreerd in een component teneinde deze prestatie te bereiken.
De ontwerpmethode levert een programmeermodel op, waarin de protocolprogrammeur (of de compiler) zich alleen bewust is van de gedefinieerde basisfuncties. Deze vormen a.h.w. "macro-instructies". De verschillende aspecten van de implementatie, met name het verwerken en genereren van de header van de pakketten en alle problemen gerelateerd aan de datastromen, zijn onzichtbaar voor de programmeur. Het voordeel hiervan is dat het parallellisme ook verkregen wordt bij strikt sequentieel programmeren.

* * *

MEASURING AND MODELING OF SERIES RESISTANCE IN SUBMICRON MOSFETS

J.A.M. Otten
18 september 1995
Promotoren: Prof. dr. F.M. Klaassen en Prof. dr. K. de Meyer

In dit proefschrift is aandacht besteed aan het meten en modelleren van spanningsafhankelijke serieweerstanden in submicron MOSFETs. Door de verkleining van de kanaalbreedte en kanaallengte van MOSFETs en de eis dat de voedingsspanning en levensduur gehandhaafd dienen te worden, is de invloed van de serieweerstand op de karakteristieken van de MOSFET toegenomen. Dit verschijnsel wordt ook veroorzaakt doordat de serieweerstand van "source" en "drain" niet goed geschaald kunnen worden. Doordat de voedingsspanning gehandhaafd dient te blijven kan de vereiste levensduur alleen bereikt worden wanneer het "Lightly Doped Drain" of "Double Diffused Drain" concept wordt toegepast. Dit heeft echter weer een zeer grote invloed op de waarde en gedrag van de serieweerstand. Door de lage dopingconcentratie van de "source" en "drain" dichtbij het kanaal neemt de serieweerstand sterk toe. Tevens heeft de waarde van de gatespanning invloed op de accumulatie in de drain en source waardoor de serieweerstand daalt met toenemende gatespanning. Hierdoor wordt het ook moeilijker om deze serieweerstand te bepalen.
Bestaande methoden zijn onderzocht. Het resultaat was dat deze methoden verscheidene nadelen hadden en dus niet gebruikt konden worden voor een correcte bepaling van de serieweerstand. Het probleem van het meten van de serieweerstand in MOSFETs is feitelijk identiek aan de bepaling van de effectieve kanaallengte. Derhalve is er een meetmethode ontwikkeld die gebruik maakt van twee bestaande meetmethoden, namelijk de klassieke serieweerstand meettechniek en de standaard DL meettechniek. Door het toepassen van een iteratieve procedure wordt een correcte waarde voor DL verkregen waarmee vervolgens de serieweerstand als functie van de gatespanning bepaald kan worden. De methode is toegepast op verschillende sets MOSFETs met zeer goede resultaten. De meetmethode heeft echter als nadeel dat nog steeds een set identieke MOSFETs met verschillende kanaallengten gebruikt dient te worden. Ook kan de meetmethode alleen bij lage drainspanning toegepast worden.
Hoewel de mobiliteit van de ladingsdragers in het inversie-kanaal geen echt onderdeel vormt van dit proefschrift is gebleken dat oppervlakte ruwheid een belangrijk verstrooiingsproces vormt in N-kanaal MOSFETs met gate oxides dunner dan 150 Å. In de meeste compacte MOSFET modellen is dit verstrooiingsproces echter niet meegenomen waardoor niet fysische parameters verkregen worden.
Door middel van simulaties is aangetoond dat de waarde van de drainserieweerstand ook afhankelijk is van de drainspanning. Een totaal nieuw concept voor het meten van deze drainserieweerstand als functie van de drainspanning is ontwikkeld. Dit was tot nu toe niet mogelijk. Met behulp van een speciale meetmethode wordt de afgeleide van de drainserieweerstand naar de drainspanning gemeten. Via integratie wordt vervolgens de drainserieweerstand als functie van de drainspanning bepaald. Het voordeel van deze meetmethode is dat er onderscheid wordt gemaakt tussen het intrinsieke en extrinsieke gedrag van de MOSFET waarbij de bouwsteen, in dit geval een MOSFET, als een black box beschouwd kan worden. Een identiek meetconcept is gebruikt om de totale serieweerstand bij lage drainspanning te meten. Hoewel de meettechniek in dit geval veel complexer is, zijn de verkregen meetresultaten in overeenstemming met de iteratieve meetmethode.
Omdat in bestaande compacte MOSFET modellen de serieweerstand nog steeds als constant wordt beschouwd, is er aandacht besteed aan het modelleren van deze serieweerstand. Een semi-empirisch model is afgeleid voor deze serieweerstand. Een vijftal parameters bleek voldoende om de serieweerstand in alle werkgebieden van de MOSFET goed te modelleren. Er is aangetoond dat met dit model fysisch correctere parameters worden verkregen voor de intrinsieke MOSFET.
Ook is aandacht besteed aan experiment ontwerp technieken, met als doel het optimaliseren van halfgeleiderbouwstenen. Een computerprogramma met de naam DOMED (Device Optimization by Means of Experiment Designs) is geschreven in RPL, een programmeertaal aanwezig binnen het data analyse pakket RS/1. DOMED is een zeer effectief hulpmiddel om experiment ontwerpen te combi-

neren met "process" en "device" simulaties. Ook is het D-optimale experiment ontwerp uitvoerig behandeld. Het voordeel van dit type experiment ontwerp is dat het aantal experimenten sterk gereduceerd wordt. Ook kan dit type experiment ontwerp worden gebruikt om derde orde modellen te schatten met een minimaal aantal experimenten. Voorbeelden zijn gegeven voor de optimalisatie van de "Oblique Rotated Implanted" LDD MOSFET en Inverse T-LDD MOSFET. Hierbij lag de nadruk op het minimaliseren van het laterale elektrische veld.

* * *

REAL TIME REALIZATION CONCEPTS OF LARGE ADAPTIVE FILTERS

G.P.M. Egelmeers
20 november 1995
Promotoren: Prof. dr. ir. W.M.G. van Bokhoven en Prof. dr. ir. P.P.J. van den Bosch

De "real time" toepassing van grote adaptieve filters (enkele duizenden coëfficiënten) met een kleine berekeningsvertraging (enkele milli- seconden) en goede convergentie eigenschappen, zoals bijvoorbeeld nodig is bij de akoestische echo compensator, leidt bij gebruik van de reeds langer bestaande algoritmen tot niet bruikbare oplossingen. De directe realisering in het tijddomein door middel van transversale filterstructuren levert een berekeningscomplexiteit op die voor veel toepassingen "real time" implementatie op bijvoorbeeld een Digitale Signaal Processor uitsluit. Bovendien zijn de convergentie eigenschappen bij gekleurde ingangssignalen, zoals bijvoorbeeld spraak, vaak onvoldoende voor praktische toepassingen.
Door gebruik te maken van blok berekeningsmethoden en Fourier transformaties kunnen transversale filters (convoluties) efficiënt in het frequentie domein berekend worden. Toepassing in adaptieve filters levert het "Block Frequency Domain Adaptive Filter" op. De convergentie eigenschappen van dit algoritme voor sterk gecorreleerde (gekleurde) ingangssignalen kunnen worden verbeterd door de adaptatie van de coëfficiënten in het frequentie domein te normaliseren.
Door gebruik te maken van deze blok berekeningsmethoden ontstaat echter een berekeningsvertraging die overeenkomt met deze blok lengte. Indien de berekeningsvertraging, en dus de blok lengte, gebonden is aan een bepaald maximum kan de berekeningscomplexiteit toch nog vrij hoog oplopen. Het opdelen (partitioneren) van de convolutie in kleinere delen levert een veel lagere berekeningscomplexiteit op. Aangezien ook het "adaptatie" gedeelte wordt opgedeeld wordt de lengte van de normalisatie vector sterk gereduceerd wat kan leiden tot een verslechtering van de convergentie eigenschappen voor sterk gekleurde ingangssignalen.
Door gebruik te maken van verschillende partitie factoren, blok lengtes en Fourier transformatie lengtes in het 'adaptatie" en het "convolutie" gedeelte van het adaptieve filter wordt een "Decoupled" algoritme verkregen. Bij een gelijke vertraging als bij het met \'e\'en factor partitioneren, heeft dit "Decoupled" algoritme een veel lagere berekeningscomplexiteit en een veel grotere normalisatie resolutie in het frequentie domein. Door deze laatste eigenschap kunnen de convergentie eigenschappen van het adaptieve filter voor sterk gekleurde ingangssignalen verbeteren.
Voor toepassingen van grote adaptieve filters met kleine toegestane maximale vertraging en grote filter lengte kan de berekeningscomplexiteit nog verder worden gereduceerd door gebruik te maken van een niet-uniforme partitie van het "convolutie" gedeelte. Het resulterende algoritme heeft vrijwel gelijke convergentie eigenschappen als het "Decoupled" algoritme bij een veel lagere berekeningscomplexiteit.
Door middel van simulaties en de implementatie van een akoestische echo compensator op één Signaalprocessor zijn de eerder genoemde algoritmen getest. De resultaten bij de akoestische echo compensator, waar een niet stationair en sterk gecorreleerd ingangssignaal (spraak) en een tijd- variant echo-pad het adaptatie proces sterk bemoeilijken, maakten verdere aanpassingen aan de algoritmen noodzakelijk. Met name bij het regelen van de adaptatieconstante en de normalisatie blijken nog verbeteringen mogelijk.
Het "Decoupled" algoritme en, nog sterker, het niet-uniform gepartitioneerde algoritme maken het mogelijk om adaptieve filters te gebruiken in "real time" toepassingen waar zowel een grote filter lengte als een kleine berekeningsvertraging wordt gevraagd.

* * *

GROUNDING STRUCTURES FOR THE EMC-PROTECTION OF CABLING AND WIRING

M.J.A.M. van Helvoort
29 november 1995
Promotoren: Prof. dr. ir. P.C.T. van der Laan en Prof. dr. A.G. Tijhuis

Elektronische apparaten mogen elkaar niet storen; elk apparaat moet daarom voldoen aan eisen ten aanzien van de emissie van, en de immuniteit tegen elektromagnetische storingen. Uit Electromagnetic Compatibility (EMC) analyses blijkt dat die storingen zeer vaak via de bekabeling binnenkomen of daardoor worden geëmitteerd. Het EMC-onderzoek beschreven in dit proefschrift heeft tot doel een lineaire en reciproque bescherming van de bekabeling te bereiken. Zowel de inkoppeling als de uitkoppeling van de elektromagnetische storingen worden beschreven met behulp van het begrip transfer-impedantie.
Om de transfer-impedantie van kabels te meten zijn uit de literatuur twee methoden bekend: de triaxiale methode en de draadinjectie-methode. Metingen hebben aangetoond, dat wanneer beide methoden worden vergeleken, er een discrepantie blijkt op te treden. Deze verschillen konden door een theoretische analyse verklaard worden.
Door het hele proefschrift heen worden gemeten transfer-impedanties vergeleken met transfer-impedanties die volgen uit uitgebreide computerberekeningen.

In veel gevallen is de transfer-impedantie van kabelmantels te hoog en moet er een extra bescherming gebruikt worden. Metalen kabelgoten worden al vaak gebruikt voor mechanische bescherming. Veldberekeningen en metingen laten zien dat ze ook zeer bruikbaar zijn voor EMC-doeleinden. Voor goten van niet-magnetisch materiaal zijn eenvoudige formules gevonden, die een goede beschrijving geven van de transfer-impedantie als functie van de geometrie, de frequentie en de materiaaleigenschappen. Voor de veel voorkomende ondiepe stalen goten, al dan niet gegalvaniseerd, zijn deze formules in de praktijk ook nog zeer bruikbaar. Het is bekend dat staal zich niet-lineair gedraagt voor grote stromen, die kunnen voorkomen tijdens blikseminslagen of tijdens foutsituaties in energietechnische installaties. Derhalve zijn er experimenten uitgevoerd ter bepaling van de grenzen van de lineaire beschrijving.
De bovenstaande aardingsstructuren zijn met succes toegepast in diverse installaties. In dit proefschrift beperken we ons tot een case study aan onze laboratorium opstelling van gesloten schakelmateriaal.

* * *

BROADBAND WIRELESS LANS: A FEASIBILITY STUDY

P.F.M. Smulders
4 december 1995
Promotoren: Prof. dr. ir. G. Brussaard en Prof. ir. J. de Stigter

Het onderwerp van dit proefschrift is de haalbaarheid van draadloze lokale netwerken voor breedbandige toepassingen zoals voorzien voor Breedband- ISDN. De behandeling van dit onderwerp is gebaseerd op de aanname dat transmissie plaats vindt over millimetergolfradiokanalen binnen een inhuisomgeving.
Een methode wordt besproken voor het meten van de breedbandige karakteristieken van het beschouwde kanaaltype. Vervolgens worden de meetresultaten gepresenteerd welke zijn verkregen volgens deze methode. Tevens wordt een deterministisch kanaalmodel ontwikkeld op basis van Geometrische Optica (GO). De toepasbaarheid, beperkingen en nauwkeurigheid van dit GO-model worden besproken. Resultaten van op dit model gebaseerde kanaalsimulaties worden gepresenteerd. Deze resultaten geven een indicatie van de invloed van omgeving en antennestralingspatronen op de kanaalkarakteristieken.
De maximaal haalbare bitsnelheid wordt geëvalueerd bij transmissie over millimetergolfradiokanalen op basis van de gemeten kanaalkarakteristieken. Deze evaluatie omvat ondermeer het verbeteringseffect van kanaalegalisatie afhankelijk van het aantal vertragingselementen van de toegepaste kanaalegalisator. Tevens wordt de invloed van de ruis, antenne-"diversity" en antennestralingspatroon beschouwd.
Ten slotte wordt beschreven hoe op eenvoudige en flexibele wijze transmissie van informatie kan plaatsvinden in breedbandige draadloze lokale netwerken op basis van de Asynchronous Transfer Mode. In deze context wordt een protocol voor botsingsvrije meervoudige toegang voorgesteld.

* * *

SCENE VERIFICATION USING AN IMAGING MODEL IN 3-D COMPUTER VISION

M. Hanajík
7 december 1995
Promotoren: Prof. dr. ir. P.P.J. van den Bosch en Prof. ir. F.J. Kylstra

Er wordt een techniek voor het verifiëren van scène beschrijvingen gepresenteerd die gebruik maakt van een afbeeldingsmodel. Dit model beschrijft de scènebelichting en het beeldvormingsproces. Er wordt verondersteld dat de geverifieerde scènebeschrijving is verkregen met een computer vision systeem. De verificatiemethode bevat een schatting van de onbekende scèneparameters en een beslissingsmethode gebaseerd op het oorspronkelijke beeld en het afbeeldingsmodel.
Het beeld van een scène dat geprojecteerd wordt op een beeldscherm is het resultaat van een wisselwerking van licht met de voorwerpen in de scène en een camera beeldvlak. Besproken worden oppervlakte-reflectiemodellen, een cameramodel en een drietal technieken voor de berekening van de globale verlichting, "ray tracing", "radiosity" en stochastische ray tracing. Als onderwerp voor de verificatie van een scènebeschrijving wordt een afbeeldingsmodel genomen dat bestaat uit stochastische ray tracing en het Torrance-Sparrow oppervlakte-reflectiemodel.
Bij het gebruik van een afbeeldingsmodel is kennis van oppervlaktereflectieparameters en parameters van lichtbronnen onontbeerlijk. Deze parameters zijn ook de parameters van het afbeeldingsmodel. Voor de schatting van de onbekende parameters wordt een "maximum-likelihood" techniek voorgesteld.
Voor de verificatie van scènebeschrijvingen wordt een beslissingsmethode voorgesteld die bestaat uit de aftrekking van het camera beeld van het synthetisch beeld (een beeld gemaakt met het afbeeldingsmodel), voorts een lineaire filtering van de aftrekking d.m.v. een North filter, en een drempeling van het gefiltreerde beeld. Het blijkt dat voor het bijzondere geval van een eenvoudige hypothese en een eenvoudig alternatief deze methode een optimale beslissingsmethode is in de Neyman-Pearson betekenis. De verificatie van de sc\`enebeschrijving is een beslissingsprobleem met een eenvoudige hypothese en een samengesteld alternatief. Voor het bepalen van geschikte filter coëfficiënten in de bovengenoemde beslissingswijze wordt een methode gegeven.
Ten slotte worden er enkele methoden voor de verbetering van de scènebeschrijving gegeven, die gebruikt kunnen worden indien een discrepantie tussen de scènebeschrijving en de verworven beelden wordt geconstateerd. De technieken die bij het afbeeldingsproces worden gehanteerd worden besproken.

De toepassing van de techniek wordt in een aantal beproefde experimenten onderbouwd.

* * *

LIFETIME PREDICTIONS OF MINIATURE FUSES AND SEMICONDUCTOR PROTECTION FUSES

X.Z. Meng
8 december 1995
Promotoren: Prof. dr.-ing. H. Rijanto en Prof. ir. G.C. Damstra

Dit proefschrift, levensduur-voorspellingen van smeltveiligheden voor de beveiliging van apparaten en vermogenshalfgeleiders, behandelt het werk dat is uitgevoerd aan de Technische Universiteit Eindhoven gedurende de periode van oktober 1991 tot september 1995 onder leiding van prof. dr.- ing. H. Rijanto, prof. ir. G.C. Damstra en ir. J.G.J. Sloot.

Temidden van vele elektrische apparaten zijn smeltveiligheden zeer bekend door hun populariteit voor huishoudelijke apparatuur en industriële installaties. Tijdens het gebruik van smeltveiligheden treedt een veroudering op waardoor de karakteristieken veranderen. Om de betrouwbaarheid van elektrische systemen te verbeteren, zijn schattingen van de levensduur van smeltveiligheden gewenst voor zowel gebruikers als fabrikanten. Uit literatuurstudie volgt dat eerder onderzoek en bestaande normen niet voorzien in algemeen geldige methoden voor de bepaling van de levensduur van smeltveiligheden. Om deze redenen werd dit werk geïnitieerd in samenwerking met Littelfuse te Utrecht en Siba te Lünen (Dld).

Dit proefschrift beschrijft pogingen om de levensduur van miniatuur patronen en smeltveiligheden voor halfgeleiderbeveiliging te voorspellen. Parameters in de modellen voor de voorspelling van de levensduur van smeltveiligheden worden gedefinieerd met een duidelijke fysische betekenis; methoden voor de bepaling van deze parameters worden aangegeven. Hiermee samenhangende onderwerpen zoals de elektrische stroomverdeling, warmte overdracht, thermische buckling en plastische deformatie komen eveneens aan de orde.

1. Onderzoek van miniatuursmeltveiligheden

Experimentele levensduurbepalingen werden uitgevoerd voor stroompulsen met een korte en lange tijdsduur. Deze testen zijn vergelijkbaar met de IEC 127 testen voor de bestendigheid tegen piek- en langdurige belasting. Uit de resultaten volgt dat het statistisch gedrag van de levensduur te beschrijven is met Weibull verdelingen; de levensduur neemt af met de stroomsterkte en de duur van de stroombelasting. Tijdens de stroompulsen werd thermische opkrulling van smeltgeleiders waargenomen. De weerstand van smeltgeleiders heeft in het algemeen de neiging om toe te nemen tijdens de levensduur, al kunnen de veranderingen klein zijn.

Om de invloed van stroompulsen te onderzoeken, werden elektrische analoge modellen gebruikt om de thermische respons van draadelementen te simuleren. In de voorgestelde warmteoverdrachtmodellen werd rekening gehouden met warmtegeleiding, convectie en straling. Voor willekeurige stroompulsen bleek het mogelijk om de temperatuurtoename te bepalen. Simulaties van het tijdsverloop van stroom en spanning zijn vergeleken met experimentele observaties voor twee typische miniatuurpatronen.

Om thermische opkrulling van draadelementen tijdens gelijkstroom en stroompulsen te verklaren, werd een analytische benadering met de eindige elementen methode ontwikkeld.

Theoretische resultaten van verplaatsingen, berekend volgens beide methoden bleken in overeenstemming met waarnemingen door middel van hoge snelheidsfotografie en microscoopopnames.

Bij de bepaling van de levensduur voor korte stroompulsen, werd rekening gehouden met de temperatuurverdeling en de uitwijking van draadelementen. Voor de levensduur is een uitdrukking voorgesteld, gebaseerd op elastische breuk. Voorspellingen van de levensduur, zowel gebaseerd op een semi empirische relatie als vanuit een zuiver theoretisch model zijn vergeleken met de experimentele resultaten van levensduurbepalingen.

Voor langdurige stroompulsen werd verondersteld dat de plastische deformatie samenhangt met exponentiële kruip. De benodigde materiaal- en configuratieafhankelijke constanten van smeltgeleiders werden afgeleid uit enkele experimentele verbanden van de levensduur bij een beperkt aantal verschillende waarden voor de pulsduur. Vervolgens is een algemeen geldige uitdrukking voor de levensduur afgeleid uit de Manson-Coffin-betrekking. De hiermee gedane voorspellingen zijn vergeleken met een groot aantal experimentele resultaten met een groot bereik van de stroomsterkte en pulstijden van enkele secondes tot een uur.

Voor pulsen met zowel een korte als lange tijdsduur, bleken voorspellingen in overeenstemming met experimentele resultaten.

2. Onderzoek van smeltveiligheden voor halfgeleiderbeveiliging

De levensduur werd experimenteel bepaald voor stroompulsen met een korte tijdsduur. Hiervoor werden typische halfgeleiderpatronen met dezelfde nominale stroom (160 A) maar verschillende elementconfiguraties beproefd als testobject. Uit de resultaten volgt dat de levensduur voldoet aan een Weibull verdeling. De levensduur neemt af met de I^2t waarde horende bij de stroompulsen. De veranderingen van weerstandswaarde gedurende de levensduur waren vergelijkbaar met de spreiding van nieuwe produkten.

Voor de smeltgeleiderelementen met gebogen en rechte vorm, werd met snelle fotografie het optreden van thermische opkrulling vastgesteld, ondanks de aanwezigheid van zand. Uit opnames met een scanning microscoop volgde dat het oppervlak van de smeltgeleider ter plaatse van de verjongingen ruw was na afloop van een langdurige pulsbelasting, des te ruwer naarmate het aantal pulsen toenam. Dit duidt op een geleidelijk toenemende plastische vervorming. Door de nadere beschouwing van lokale vervorming kon worden bereikt dat de levensduur van com-

merciële produkten, belast met pulsvormige stromen, een factor tien werd verlengd.
Voor de analyse van de temperatuurverdeling van stripelementen met uitsparingen, werd het programma EMTP gebruikt om de resulterende netwerken horende bij elektrische en thermische problemen op te lossen. Hierbij kan rekening worden gehouden met niet-lineaire materiaaleigenschappen door middel van gedefinieerde functies of opzoektabellen. Simulatieresultaten zijn vergeleken met smeltkarakteristieken en gemeten spanning-tijd verbanden. Hieruit kan worden geconcludeerd dat EMTP een geschikt instrument is voor de analyse van driedimensionale tijdsafhankelijke modellering van smeltgeleiders.
Op een soortgelijke manier als die bij miniatuursmeltveiligheden werd het aantal stroompulsen berekend, waartegen een smeltveiligheid bestand is. Wel werd hierbij uitgegaan van een veronderstelling voor de optredende uitbuiging. Voorspellingen zijn vergeleken met experimentele resultaten voor smeltveiligheden met drie verschillende gebogen configuraties. Om de betrouwbaarheid van deze laatste voorspellingen te verbeteren wordt verder onderzoek aanbevolen.

* * *

COAL AND CHAR CONVERSION RATES FROM SHOCK TUBE EXPERIMENTS

F. Commissaris
29 februari 1996
Promotoren: Prof. dr. W.R. Rutgers en Prof. dr. D.J.E.M. Roekaerts

In Nederland zorgen kolengestookte centrales voor ongeveer 40% van de totale elektriciteitsproduktie. Waarschijnlijk zullen kolen de komende dertig jaar een belangrijke rol blijven spelen als brandstof voor opwekking van elektrische energie. De ontwikkeling van efficiënte en schone kolencentrales is noodzakelijk vanuit economisch en ecologisch oogpunt. De technologie van kolenvergassing heeft inmiddels een commerciële status bereikt, met de bouw van een 253 Mw_e demonstratiecentrale in Buggenum, Nederland. Niettemin is fundamentele kennis van kolenconversieprocessen nog steeds noodzakelijk om het ontwerp van kolenvergassers te optimaliseren. Voor het onderzoek dat wordt beschreven in dit proefschrift is een schokbuis gebruikt om gascondities te creëren waaronder zeer kleine kool- en chardeeltjes worden omgezet in CO en CO_2.
Kinetische parameters die deze conversie beschrijven zijn verkregen na analyse van experimentele gegevens. Met behulp van deze parameters kan de conversie van grotere deeltjes in industriële verbranders en vergassers worden bestudeerd.

In de schokbuisexperimenten die in dit proefschrift worden beschreven, wordt het reagerende gas waarin zich een wolk van poederkooldeeltjes bevindt, O_2 of CO_2 , samengeperst tot een druk van ongeveer 10 bar, met een temperatuur tussen 1300 en 1850 K. Dit gebeurt bijna instantaan, waardoor de deeltjes onmiddellijk worden blootgesteld aan deze condities. Dit maakt de schokbuis een geschikt instrument voor reactiviteitsonderzoek. Door het toevoegen van N_2 of Ar kan de partiële druk van het reagerende gas worden gevarieerd. In dit proefschrift is aangetoond dat de partiële druk onder de 1 bar gehouden moet worden, om verstoring van de gascondities als gevolg van vervorming van de gereflecteerde schokgolf te voorkomen. Twee verschillende koolsoorten zijn gebruikt in de experimenten, alsmede char die is gemaakt van één van deze monsters.

Om de deeltjestemperatuur en -grootte tijdens een experiment te bepalen is infrarood twee golflengten pyrometrie gebruikt. Het is aangetoond dat de interpretatie van deze metingen onmogelijk is zonder rekening te houden met de deeltjesgrootteverdeling. In feite hebben alle deeltjes een verschillende temperatuur en grootte op een bepaald moment en in het algemeen wordt de meting gedomineerd door de heetste deeltjes. Een gecombineerde infrarood emissie/absorptie methode is verder ontwikkeld om de hoeveelheid CO en CO_2 te meten, gevormd door reactie van O_2 met kool en char. Deze methode is minder gevoelig voor de deeltjesgrootteverdeling dan de twee golflengten pyrometrie methode.

In dit proefschrift zijn verschillende methoden beschreven om de reactiviteit en energieproduktie van de kool of char te bepalen. Eénpunts- en tijdopgeloste methoden gebaseerd op de energie- en massbalans van de deeltjes gaven inconsistente kinetische data, veroorzaakt door de aanname van deeltjes van dezelfde grootte. Een correctiefunctie is afgeleid om de kinetische data consistent te maken, zonder dat de deeltjesgrootteverdeling exact bekend hoeft te zijn. In simulaties van de gemeten deeltjestemperatuur en -grootte zijn deze consistente kinetische data gevarieerd totdat de gesimuleerde temperatuur en grootte overeen kwamen met de experimentele waarden. Met behulp van deze methode zijn de reactiviteit en energieproduktie van de kool en char bepaald als functie van deeltjestemperatuur en partiële O_2 druk. Echter, deze methode gaf geen bevredigende resultaten voor de kool met het hoogste gehalte aan vluchtige bestanddelen. Het gebruik van de éénpuntsmethode was voldoende om de produktiesnelheden van CO en CO_2 te bepalen voor alle drie de samples.

De kinetische data wijzen uit dat char minder reactief is dan de oorspronkelijke kool. Verder laten zij lage verbrandingswaarden zien voor zowel kool als char. Evaluaties tonen aan dat ongeveer 45% van de totale verbrandingswaarde van de kool voor rekening van verbranding van vluchtige bestanddelen komt. De lage verbrandingswaarden wijzen verder uit dat homogene verbranding van CO en vluchtige bestanddelen plaats vindt nagenoeg zonder warmtetransport naar het deeltje. De toename van de verbrandingswaarde gaat gepaard met een toename in CO_2 produktie, hetgeen aangeeft dat de homogene verbrandingszone naar het deeltjesoppervlak verschuift. Deze conclusie is bevestigd door tijdafhankelijke simulaties van stof- en warmtetransport in de grenslaag om het deeltje. De experimentele resultaten tonen aan dat verbranding plaats vindt in het gebied van "rough sphere" kinetiek, hetgeen ons in staat stelt de echte kinetische parameters te

bepalen zonder interne en externe stoftransportlimiteringen. Het verband tussen reactiviteit, energieproduktie en totale gasproduktie enerzijds en partiële O_2 druk anderzijds kan worden beschreven met een Langmuir adsorptie/desorptie-model. Voor hoge partiële O_2 drukken groter dan 1 bar wordt een nulde orde reactie gevonden, terwijl een eerste orde reactie plaats vindt voor lagere partiële O_2 drukken. De reactie tussen CO_2 en kool of char is niet geconstateerd tijdens experimenten.

Toekomstige experimenten met monsters met smalle deeltjesgrootteverdelingen zijn noodzakelijk. De kinetische data verkregen uit schokbuisexperimenten met zeer kleine deeltjes zouden gebruikt kunnen worden om de conversie van grotere, poreuze deeltjes in industriële verbranders en vergassers te modelleren. Een geavanceerde techniek om CO en CO_2 te detecteren kan nauwkeuriger informatie met betrekking tot de vorming van deze gassen opleveren. Tenslotte zou het grenslaagmodel dat is beschreven in dit proefschrift gebruikt kunnen worden om de invloed van homogene verbranding op grotere deeltjes te bestuderen, mogelijk onder andere gascondities.

* * *

INTERACIVE MODELLING AND SIMULATION OF HETEROGENEOUS SYSTEMS

J.W.G. Fleurkens
26 maart 1996
Promotoren: Prof. dr. ing. J.A.G. Jess en Prof. ir. M.P.J. Stevens

Simulatie is een intensief gebruikt middel om het funktionele gedrag van elektronische systemen te controleren. Het wordt gebruikt om schattingen te maken op het gebied van tijdgedrag, prestatie en vermogensgebruik. Simulatie is eveneens een waardevol hulpmiddel bij het ontwikkelen van prototypes en het elimineren van fouten in systeembeschrijvingen tijdens de specificatie van het gewenste gedrag. Omdat de grootte en de complexiteit van systemen toeneemt, systemen op een steeds hoger abstractieniveau beschreven worden en omdat tegelijkertijd systemen steeds sneller op de markt moeten komen, worden steeds hogere en nieuwe eisen aan simulatieprogrammatuur gesteld.

De snelheid waarmee gesimuleerd kan worden en de mogelijkheid om verschillende types van modellen te kunnen simuleren zijn belangrijke eisen die gesteld worden bij de ontwikkeling van een simulator die zowel aan de huidige als aan toekomstige behoeftes moet voldoen. Het is erg belangrijk om een groot scala van modellen te kunnen simuleren zonder de snelheid van de simulatie daaraan op te offeren. Behalve de invloed van de snelheid van de simulatie zelf moet ook de ontwerptijd zoveel mogelijk bekort worden.

In dit proefschrift worden een aantal concepten en technieken beschreven voor een event gestuurde simulator zodanig dat

* de iteraties tijdens het ontwerpen zo kort mogelijk worden en ook het aantal iteraties zo klein mogelijk is; dit bevordert de ontwikkeling van prototypes en maakt het gemakkelijker om fouten in beschrijvingen op te sporen en te verwijderen. Verder is het mogelijk om verschillende alternatieven af te wegen;
*verschillende soorten modellen tegelijkertijd op een homogene wijze gesimuleerd kunnen worden.

Al deze concepten en technieken zijn geïmplementeerd in een programma ESCAPE geheten.

De vermindering van de tijd om een ontwerpcyclus te doorlopen is mogelijk gemaakt door een grafische editor en een diskrete event simulator in één programma onder te brengen. Dit maakt het mogelijk om de verschillende fases van de ontwerpcyclus te integreren, waardoor de ontwerptijd aanzienlijk gereduceerd kan worden. De veel tijd kostende netlijst compilatie wordt vermeden door het simulatiemodel incrementeel aan te passen, als één van de beschrijvingen waaruit het model is opgebouwd veranderd wordt. In tegenstelling tot andere simulatoren, waar het compileren of het uitwerken van het simulatiemodel een groot gedeelte van de tijd van de ontwerpen kost, kan het simulatiemodel zonder enige merkbare vertraging opnieuw gesimuleerd worden. Het is zelfs mogelijk om tijdens de simulatie delen van het model te veranderen, bijvoorbeeld om de invloed van fouten op verschillende aspecten te onderzoeken.

De simulator bevat eveneens een aantal eigenschappen die de ontwerper helpen bij de analyse van de simulatieresultaten. Het gedrag van het systeem kan nl. grafisch weergegeven worden tijdens de simulatie. Eveneens kan foutief gedrag ontdekt worden op een hoger abstractieniveau. Dit wordt bereikt door monitoren hiërarchisch te definiëren die sequenties van events kunnen verwerken en deze vervangen door events op een hoger abstractieniveau. Deze events beïnvloeden het gedrag van het te simuleren systeem verder niet.

Daarnaast beschrijft dit proefschrift de problemen met betrekking tot, en een aantal oplossingen voor simulaties van een aantal verschillende soorten modellen. Omdat het erg lastig is om rekening te houden met de modellen die gebruikt gaan worden in de nabije toekomst, moet de kern van de simulator flexibel genoeg zijn om :

*tegelijkertijd verschillende types simulatiemodellen aan te kunnen;
*relatief gemakkelijk een nieuw type simulatiemodel te kunnen toevoegen.

De efficiëntie en de flexibiliteit zijn de belangrijkste aspecten geweest bij het onderzoek naar integratietechnieken voor het op uniforme wijze simuleren van verschillende types modellen.

De basistechniek is dat verschillende algoritmes en simulatoren op hetzelfde event gestuurde model zijn afgebeeld; de kern van het simulatieprogramma kan omgaan met verschillende representaties van de tijd, verschillende vertragingsmodellen en controleert de uitvoering van alle modellen op een uniforme en correcte wijze. Dit is gerea-

liseerd door het gebruik van verschillende soorten events. Om de integratie van andere simulatoren te ondersteunen zijn een simulatie-interface en een encapsulatietechniek ontwikkeld. Deze zorgen voor de conversie van de events, de conversie van de signaalwaardes en de synchronisatie tussen de verschillende modellen en simulatoren.

Tenslotte beschrijft dit proefschrift een aantal technieken zodat het programma gemakkelijk aan de wisselende eisen van gebruikers kan worden aangepast en zodat dit programma kan samenwerken met andere ontwerptools. Deze technieken maken het mogelijk om het programma te gebruiken in een bestaand ontwerptraject. Het programma kan met name gebruikt worden om andere programma's aan te sturen of voor het simuleren en het grafisch weergeven van gegevens van andere ontwerptools. Een goed voorbeeld is de succesvolle integratie met een architectuursynthesesysteem.

De oplossingen die aangedragen zijn in dit proefschrift zijn geïmplementeerd en gecontroleerd met een grote verscheidenheid aan voorbeelden. Ze kunnen gebruikt worden voor een groot aantal toepassingsgebieden, zelfs in andere vakgebieden.

* * *

MONITORING ADEQUACY OF ANESTHESIA USING SPONTANEOUS AND EVOKED ELECTROENCEPHALOGRAPHIC ACTIVITY

N.A.M. de Beer
29 maart 1996
Promotoren: Prof. dr. ir. J.E.W. Beneken en Prof. dr. C.H.M. Brunia

Doel van het onderzoek beschreven in dit proefschrift is het ontwikkelen van een methode waarmee op betrouwbare en objectieve wijze het niveau van anesthesia kan worden vastgesteld bij patiënten die onder algehele narcose een operatie ondergaan. De traditionele bepaling van de anesthesiediepte door de anesthesioloog wordt ernstig bemoeilijkt door het feit dat moderne anesthetica steeds minder bijwerkingen hebben. Bovendien bestaat anesthesie uit meerdere aspecten (bewusteloosheid, pijnloosheid, spierverslapping en onderdrukking van autonome reflexen), die met de beschikbare moderne anesthetica elk min of meer afzonderlijk beïnvloed kunnen worden, zodat geen sprake meer kan zijn van 'de' anesthesiediepte.

Omdat anesthesie in feite verschillende aspecten van de werking van het centrale zenuwstelsel onderdrukt, hebben de meeste pogingen tot het meten van anesthesiediepte zich gericht op metingen aan het centrale zenuwstelsel. Technieken die mogelijk geschikt zouden kunnen zijn voor het meten van anesthesiediepte zijn enerzijds de spontane hersenactiviteit (EEG) en anderzijds de hersenactiviteit opgewekt door auditieve prikkels, zoals bijvoorbeeld klikjes of tonen die de patiënt via een oortelefoontje te horen krijgt. De hersenactiviteit die het gevolg is van deze klikjes of tonen wordt een auditieve evoked potential (AEP) genoemd.

Voor het onderzoek beschreven in dit proefschrift zijn het EEG en de AEP gemeten bij patiënten die een open-hart operatie ondergingen in het Catharinaziekenhuis in Eindhoven. Er zijn twee studies gedaan: een pilot studie die is uitgevoerd bij 12 patiënten en een grotere studie bij 41 patiënten. Voor de analyse van het EEG en de AEP is gebruik gemaakt van gegevens uit het EEG spectrum en gegevens over karakteristieke pieken in de AEP. Het EEG spectrum geeft weer hoe de activiteit in het EEG verdeeld is over de verschillende frequenties. Gegevens afgeleid uit dit spectrum zijn bijvoorbeeld de mediaan frequentie, die een maat is voor de gemiddelde frequentie in het spectrum, en de spectral edge frequentie, die weergeeft wat de hoogste frequentie is die nog aanwezig is in het spectrum. De AEP bestaat uit een opeenvolging van pieken en dalen. Gegevens afgeleid van de AEP zijn de latenties van deze pieken en dalen (met latentie wordt bedoeld het tijdstip na het toedienen van een klik of toon waarop de piek of het dal optreedt) en de amplitudes hiervan.

Omdat de gemeten EEG en AEP signalen zeer klein zijn (enkele honderden microVolts voor het EEG en enkele microVolts voor de AEP) zijn deze signalen erg gevoelig voor verstoringen, bijvoorbeeld door apparatuur in gebruik op de operatiekamer. Om de invloed van dergelijke storingen op het gemeten signaal te beperken is een methode ontwikkeld en geëvalueerd waarmee deze verstoringen gedectecteerd en van verdere verwerking uitgesloten kunnen worden.

Vanwege het ontbreken van een goede standaard voor anesthesiediepte, is in het hier beschreven onderzoek gebruik gemaakt van afgeleide maten voor anesthesiediepte. Om te beginnen is gekeken naar de relatie tussen de concentratie van de toegediende anesthetica in het bloed van de patiënt en de gemeten EEG en AEP signalen. Hieruit bleek dat de latenties van bepaalde pieken in de AEP enigszins correleerden met de gemeten concentraties, en dat zowel de amplitudes van deze pieken als maten afgeleid uit het EEG deze correlatie niet of minder sterk vertoonden. De variaties in de gemeten concentraties waren echter niet voldoende om de variaties in de AEP en het EEG te verklaren. Hieruit werd geconcludeerd dat metingen van het EEG en de AEP niet gebruikt kunnen worden om concentraties van de toegediende anesthetica in het bloed te voorspellen.

De mate van pijnloosheid is bestudeerd door te bekijken of de patiënt nog reageert op het toedienen van een pijnlijke prikkel met een stijging van de hartslag of bloeddruk. De pijnlijke prikkel was in dit geval het moment van eerste incisie door de chirurg en het moment van sternotomie (doorzagen van het borstbeen). De amplitudes van bepaalde pieken in de AEP en, in iets mindere mate, frequentiematen uit het EEG bleken te reageren op een dergelijke pijnprikkel. Bovendien bleken de latenties van karakteristieke pieken in de AEP al voor het moment van eerste incisie afwijkend te zijn voor die patiënten die op incisie reageerden met een toename van hartslag en bloeddruk. Met een combinatie van maten uit de AEP en

het EEG en metingen van hartslag en bloeddruk vóór eerste incisie bleek het mogelijk om bij 72% van de patiënten correct te voorspellen of een patiënt een toename in hartslag of bloeddruk zou vertonen als reaktie op incisie.

Voor het onderzoek naar de mate van bewusteloosheid is samengewerkt met de sectie Psychonomie van de Katholieke Universiteit Brabant in Tilburg. De mate van bewusteloosheid is op twee manieren bestudeerd. In de eerste plaats zijn zogenaamde 'oddball' metingen gedaan tijdens de anesthesie. Bij een dergelijke meting krijgt de patiënt twee soorten tonen te horen: één lage toon die herhaaldelijk wordt gepresenteerd, af en toe afgewisseld met een veel hogere toon. Door de gemiddelde reaktie van de hersenen op zowel de vaak voorkomende lage toon als de veel minder vaak voorkomende hoge toon te meten, kan vastgesteld worden of de hersenen tijdens de narcose nog onderscheid kunnen maken tussen de twee tonen. Bij de patiënten in het onderzoek bleek dit niet het geval te zijn. Wel bleek het mogelijk om op basis van de amplitudes en latenties van bepaalde pieken in de AEP en karakteristieke frequenties in het EEG te voorspellen bij welke patiënten de tonen nog een reaktie in de hersenen opwekten. De mate van bewusteloosheid is ook bestudeerd door middel van zogenaamde impliciet geheugen tests na afloop van de operatie. Met behulp van een dergelijke test kan worden vastgesteld of de patiënt zich onbewust iets kan herinneren van informatie die tijdens de narcose is aangeboden. In de pilot studie die gedaan is bleek dit het geval te zijn bij 3 van de 12 patiënten. Doordat het echter ging om een pilot studie waren niet genoeg gegevens beschikbaar om te bekijken of het vóórkomen van impliciet geheugen voorspeld zou kunnen worden uit de gemeten AEP en EEG signalen. In de tweede studie werden geen aanwijzingen meer gevonden voor impliciet geheugen.

Tenslotte is een zogenaamde principale factor analyse toegepast op de gemeten AEP en EEG data om onderliggende effecten (factoren) te ontdekken die mogelijk samenhangen met aspecten van anesthesie. De factoren resulterend uit deze analyse werden gedefinieerd door de latenties van karakteristieke pieken in de AEP, door de amplitudes van deze pieken en door verschillende frequentiematen uit het EEG. De factoren die gedefinieerd werden door de latenties van pieken in de AEP bleken gerelateerd te zijn aan de mate van bewusteloosheid. De factoren die gedefinieerd werden door de amplitudes van pieken in de AEP waren gerelateerd aan de mate van pijnloosheid. Dit resultaat suggereert dat metingen van het EEG en de AEP gebruikt kunnen worden om de mate van pijnloosheid en bewusteloosheid apart van elkaar te beoordelen.

Samenvattend kan gesteld worden dat metingen van het EEG en de AEP de anesthesioloog kunnen helpen bij de beoordeling van de adequaatheid van verschillende aspecten van anesthesie. Het is echter onwaarschijnlijk dat deze metingen een absolute maat voor 'de' anesthesiediepte zullen kunnen geven.

* * *

FROM DESIGN SPACE EXPLORATION TO CODE GENERATION:
A constraint satisfaction approach for the architectural synthesis of digital VLSI circuits

A.H. Timmer
3 april 1996
Promotoren: Prof. dr. ing. J.A.G. Jess en Prof. dr. E.H.L. Aarts

Door de voortschrijnende technologische ontwikkelingen kunnen steeds ingewikkeldere elektronische systemen ontworpen en gebouwd worden. Goede, computerondersteunde ontwerpmethoden zijn daarbij onontbeerlijk. Zij moeten ervoor zorgen dat de ontwerptijd kort is, zodat ook de tijd tussen de specificatie en de marktintroduktie van een systeem kort is. Deze hoge productiviteitseis heeft geleid tot de ontwikkeling van architectuur- (of hoogniveau) synthese-methoden. Dit proefschrift beschrijft nieuwe architectuur-synthese-methoden, die ontwikkeld zijn in de vakgroep Ontwerpkunde voor Elektronische Systemen van de Technische Universiteit Eindhoven.

Het belangrijkste onderdeel van de architectuur-synthese is de vorming van het datapad. Het datapad is de basis van de IC architectuur op registerniveau, het eindresultaat van de synthese. Het bestaat uit bouwblokken, zoals optellers, vermenigvuldigers en geheugenelementen, die onderling verbonden zijn. Invoer voor de synthese van het datapad is een algoritmische beschrijving waarvoor beperkingen en doelstellingen zijn geformuleerd. Bij de synthese van het datapad onderscheidt men drie taken: de selectie van de bouwblokken, de tijdstoewijzing van operaties en de afbeelding van de operaties op de bouwblokken. De volgorde en invulling van deze taken kunnen een grote invloed hebben op het uiteindelijke resultaat, en kunnen tevens afhangen van het toepassingsgebied. Deze drie taken zijn in het algemeen niet in polynomiale tijd oplosbaar. Daarom is er voor het oplossen van deze taken veel aandacht voor benaderingsmethoden.

De gangbare architectuur-synthese-methoden kunnen slechts in beperkte mate rekening houden met beperkingen die deel uitmaken van de invoer of die tijdens het ontwerptraject geformuleerd worden. Deze beperkingen kunnen te maken hebben met tijdsaspecten, bouwblokken, specifieke bus architecturen of andere aspecten van het ontwerp. De gangbare methoden gaan uit van de algoritmische beschrijving en concentreren zich op het minimaliseren van bepaalde kostenfuncties, bijvoorbeeld het benodigde chip-oppervlak. Het zoekresultaat wordt vervolgens getoetst aan de hand van de overige beperkingen. Dit levert vaak een onbevredigend resultaat op, omdat vaak niet aan de overige beperkingen wordt voldaan, zeker in situaties waarin de beperkingen zeer streng zijn.

De methoden die in dit proefschrift worden beschreven nemen juist de beperkingen als uitgangspunt voor het syntheseproces. Naast de beperkingen uit de initiële specificatie kan de gebruiker in interactie met het systeem beperkingen toevoegen of ontwerpbeslissingen afdwingen. Hierdoor kan een afweging gemaakt worden tussen

de kwaliteit van de oplossing en de snelheid waarmee de oplossing wordt bereikt.
Kernpunt van de in dit proefschrift beschreven methodiek is een nieuw algoritme dat gebaseerd is op een graafformulering, de bipartiete tijdstoewijzings graaf BSG ('bipartite schedule graph'). De BSG brengt de syntheseopgave in kaart en heeft de volgende twee functies.
In de eerste plaats reduceert de BSG de zoekruimte van de tijdstoewijzing, hetgeen domein reductie genoemd wordt. Klassieke executie intervallen van operaties worden verkregen door een kritieke pad analyse, waarbij dan aangenomen wordt dat er een onbeperkt aantal bouwblokken beschikbaar is. De BSG neemt echter de beperkingen ten aanzien van de tijd, precedenties en het aantal en soort bouwblokken in de beschouwing mee, en hierdoor kan een deel van de opties buiten beschouwing gelaten worden. De zoekruimte wordt hierdoor verkleind, de oplosruimte echter niet.
De tweede functie van de BSG is de identificatie van knelpunten in de tijdstoewijzing. Gangbare methoden hebben hier moeite mee: heuristische methoden herkennen de knelpunten niet, terwijl exacte methoden er teveel tijd voor nodig hebben. De BSG identificeert de knelpunten en maakt het vervolgens mogelijk de zoekruimte efficiënt te doorlopen, doordat allereerst de knelpunten worden opgelost.

Behalve in de architectuur-synthese bewijzen de beschreven methoden ook hun waarde in andere situaties waarin de beperkingen zeer streng zijn, zoals bij code-generatie. In dit proefschrift wordt een ontwerpstrategie voorgesteld, waarbij de code-generatie een losse synthese-stap aan het eind van het architectuur-synthese-traject is. Het complete datapad met tijdsbeperkingen ligt in het geval van code-generatie vast, en de enige overgebleven taak is een correcte tijdstoewijzing van de operaties te vinden en een correcte afbeelding van de operaties op de bouwblokken. Industriële voorbeelden tonen aan dat de methoden gepresenteerd in dit proefschrift tot een efficiënte en doelmatige code-generatie leiden.

Ten slotte zijn de beschreven methoden toepasbaar voor ondergrens-analyses t.b.v. CAD-gereedschappen of interactieve ontwerpbeslissingen. Deze analyses kunnen gebruikt worden voor het bepalen van extra beperkingen die tijdens het ontwerptraject opgelegd kunnen worden. Bovendien leveren ze een goed inzicht in de ontwerpruimte op, waardoor ze behulpzaam zijn bij het vaststellen van de kwaliteit van een ontwerp. In dit proefschrift worden ondergrens-analyses gepresenteerd voor de functionele oppervlakte en voor het tijdsbudget van een ontwerp. Er wordt aangetoond dat de beschreven methoden nauwkeuriger zijn dan andere polynomiale analyses. Verder wordt ook een methode gepresenteerd die als enige bestaande methode in staat is om een efficiënte ondergrens-analyse te doen voor niet-triviale module-bibliotheken.

* * *

THE VOLTAGE/CURRENT MODEL IN FIELD-ORIENTED AC DRIVES AT VERY LOW FLUX FREQUENCIES

J.J.A. van der Burgt
16 april 1996
Promotoren: Prof. dr. ir. A.J.A. Vandenput en Prof. dr. ir. P.P.J. van den Bosch

Voor de veldgeoriënteerde regelin van een inductiemachine is het noodzakelijk om de hoek van de roterende magnetische-fluxvector in de machine te bepalen. Als dit gedaan moet worden zonder een fluxsensor en zonder een positieopnemer op de rotoras, is het spannings/stroom model, of kortweg u/i-model, de eenvoudigste manier om deze fluxhoek te bepalen.

De integratoren in het u/i-model, die in de grondvorm geen terugkoppeling hebben, ondervinden driftproblemen. Deze driftproblemen kunnen worden omgezet in een stabiliteitsprobleem door het u/i-model te beschrijven in het veldgeoriënteerde (meedraaiende) coördinatensysteem in plaats van in het stilstaande statorcoördinatensysteem. De verbetering van de stabiliteit wordt verkregen door twee terugkoppelmethoden in het u/i-model: terugkoppeling van de amplitude van de flux of de afgeleide van die amplitude. Het u/i-model wordt in eerste instantie los van de inductiemachine geanalyseerd (analyse van de principiële werking) en ten slotte in een gesloten regelkring met die inductiemachine.

Bij toepassing van de fluxamplitude in de terugkoppeling ontstaat er een stationaire fout in de geschatte fluxhoek en ook in de amplitude. Deze hoek- en amplitudefout nemen toe als de frequentie afneemt. Ze kunnen geëlimineerd worden door de commandowaarde van de flux-amplitude te gebruiken in de terugkoppellus. De stationaire fouten treden niet op bij terugkoppeling van de fluxafgeleide.
Bij hoge fluxfrequenties is de toepassing van tergukoppeling van de afgeleide van de flux het beste. Bij lage fluxfrequenties moet de terugkoppeling van de fluxamplitude gebruikt worden. Bij zeer lage fluxfrequenties moet de fluxamplitudeterugkoppeling uitgebreid worden met een tweede pad, dit betekent vertoriële in plaats van scalaire tergukoppeling. Deze uitbreiding verbetert het stationaire en het dynamische gedrag van het u/i-model. Bij zeer lage fluxfrequenties moeten de twee vermenigvuldigingsfactoren aangepast worden in functie van de fluxfrequentie en de belasting van de inductiemachine.

De twee terugkoppelmethoden in het u/i-model zijn niet in staat om de machine te stabiliseren als de fluxfrequentie nul is. Rond deze frequentie zou een nieuwe methode, namelijk het injecteren van een hoogfrequente gesuperponeerde magnetiseringsstroomcomponent, een middel kunnen zijn om de fluxhoek te bepalen. Deze methode is gebaseerd op effecten ten gevolge van verzadiging in de inductiemachine. De principiële werking is geïntroduceerd in dit proefschrift. Verder onderzoek zou de complete theoretische achtergrond moeten bevatten en de practische toepasbaarheid moeten bewijzen en optimaliseren.

Een belangrijk onderwerp dat nog niet volledig is bestudeerd in dit onderzoek is het effect van schattingsfouten in de machineparameters, vooral de statorweerstand. De negatieve gevolgen (stationair en dynamisch) van een fout in de geschatte statorweerstand lijken geminimaliseerd te worden door terugkoppeling van de fluxamplitude in het u/i-model, zoals geïntroduceerd in dit proefschrift, met een juiste keuze van de twee terugkoppelfactoren. Dit zou verder nog gedetailleerd onderzocht moeten worden.

* * *

INTERFEROMETRIC INVESTIGATION OF QUADRATIC ELECTROSTRICTION IN SOLID DIELECTRICS

G. Kloos
23 april 1996
Promotoren: Prof. dr. F.N. Hooge en Prof. dr. T.G.M. Kleinpenning

Het onderwerp van dit proefschrift is kwadratische elektrostrictie in vaste diëlectrica. Deze elektromechanische wisselwerking is experimenteel en theoretisch bestudeerd. Een optische dilatometer bestaande uit twee elektronisch gestabiliseerde Michelson interferometers is gebruikt om kleine verplaatsingen te meten, die in het sample geïnduceerd zijn door een hoog elektrisch veld. De verplaatsingen zijn in de orde van grootte van 10^{-13} m.
Invloeden die het signaal zouden kunnen verstoren zijn stelselmatig bestudeerd om tegenmaatregelen te vinden en om het instrument te optimaliseren voor het meten van kleine verplaatsingen. Dit was nodig om te voldoen aan de eisen voor een meting aan materialen zoals magnesium oxyde. In verband daarmee is het verkrijgen van een beter inzicht in elektromechanische resonanties benadrukt. Daar kwam uit dat resonantiefrekwenties van het trillende sample ver boven de meetfrekwentie liggen, terwijl resonanties van het voedingsdraadje als verklaring voor de waargenomen frekwentie-afhankelijkheid zouden kunnen dienen. Een kenmerk van de methoden die ontwikkeld zijn om gedwongen trillingen van de kristallijne plaat of van het geleidende draadje te beschrijven zou men kunnen zien in het feit dat een analytische oplossing aangeboden wordt. Dit heeft als voordeel grotere fysische transparantie ten opzichte van numerieke behandelingen die gewoonlijk gebruikt worden.

Het was nuttig metalen onderdelen van de interferometerkop te vervangen door komponenten die van isolerende materialen gemaakt zijn. Deze veranderingen leidden tot een verhoogde stabiliteit en reproduceerbaarheid van het waargenomen reksignaal. Dit zou men kunnen toeschrijven aan een minimalisatie van storende elektrostatische spanningen en/of het onderbreken van aardlussen. Maatregelen ter voorkoming van elektromagnetische interferentie, zoals juiste afscherming, galvanische isolatie en de onderdrukking van kruipstromen, zijn essentieel geweest gezien de kleine signalen.
Als een voorwaarde voor het verwerken van meetwaarden is de macroscopische beschrijving van tweede-orde elektromechanische interactie uit de literatuur verfijnd om kwadratische elektrostrictie van andere kruiseffecten te kunnen scheiden. Thermodynamica is gebruikt om alle mogelijke kruiseffecten op een stelselmatige manier te beschrijven. De invloed van elektrostatische spanningen, die de belangrijkste invloed bleek te zijn, is daarna uitvoerig bestudeerd. Correctie formules voor een longitudinale en transversale meetsituatie zijn afgeleid. Het resultaat is toepasbaar op kristallen van elke symmetrie. De formule die voor het transversale effect gebruikt is om elektrostatische spanningen te corrigeren is opvallend anders dan de verbanden die door andere auteurs vastgesteld zijn.

In hoofdstuk III.4.2 wordt een rechtstreekse methode aangegeven om te bestuderen hoe de elektrostatische spanningen aan het oppervlak van een kristal afhangen van zijn oriëntatie in een elektrisch veld. Om dit te bereiken, is de klassieke cirkelconstructie van Mohr uit de werktuigbouwkunde toegepast op de elektromechanica. Het probleem van het superponeren van veldgeïnduceerde spanningen aan de grensvlakte is gedetailleerd onderzocht. Dit leverde een richtlijn op om deze elektrostatische spanningen te minimaliseren.
Het longitudinale elektrostriktieve effect is gemeten aan kristallen van magnesiumoxyde (hoofdstuk IV.2). De waarde van $(3.6+/-0.8)\times10^{-22}$ $(m/V)^2$ is bepaald na correctie in verband met elektrostatische spanningen.

Onderzoek aan polymere materialen maakte het noodzakelijk de invloed van viscoelastisch gedrag gedetailleerd te beschouwen. Om dit te bereiken is de in hoofdstuk III ontwikkelde macroscopische beschrijving van elektromechanische interactie uitgebreid om daarmee niet-evenwicht verschijnselen op te nemen.
In hoofdstuk V.1.1 is de vraag behandeld welke bijkomende invloeden te verwachten zijn als kwadratische elektrostrictie van een viscoelastisch sample gemeten wordt en hoe zij gekwantificeerd kunnen worden. Daarom is een dynamische toestandsvergelijking geïntroduceerd die het mogelijk maakt relaxatie te bestuderen. In een expliciete richtlijn wordt aangegeven hoe de elektrostriktieve anisotropie en de bijbehorende anisotropie van elektrostatische spanningen kan worden behandeld van uniaxiaal getrokken polymeren. Daarnaast zijn uitdrukkingen gegeven om de invloed van isothermische of adiabatische meetcondities op de kritische relaxatietijd te kwantificeren.
Hoofdstuk V.1.2 is een bijdrage aan de algemene beschrijving van de werkwijze van sensoren: Er is aangetoond dat het formalisme van de inwendige variabele, die door andere auteurs gebruikt wordt om de relaxatiesterkte van piëzoelektrische sensoren (bijvoorbeeld) te voorspellen, gegeneraliseerd kan worden om benaderende uitdrukkingen aan te geven voor de relaxatiesterkte van sensoren die gebaseerd zijn op kwadratische effecten. De voorgestelde methode maakt het mogelijk een verband te leggen tussen tweede-orde relaxatiesterkten en grootheden die rechtstreekser toegankelijk zijn voor metingen.

De schijnbare longitudinale elektrostrictieve coëfficiënt is gemeten van een reeks van acht homopolymeren van isotactisch polypropeen. De waarden, die in het frekwentiegebied van 1 kHz tot 9 kHz zijn bepaald, zijn in de

orde van grootte van 10^{-21} $(m/V)^2$. De meetwaarden zijn relatief klein en hebben dezelfde orde van grootte als diegenen die voor niet-ferroelektrisch kristallen zoals alkalihalogenides gerapporteerd zijn. De polymeren samples zijn verder gekarakteriseerd met behulp van Dynamische Mechanisch-Thermische Analyse en de Laue röntgenstraling verstrooingsmethode.
Theoretische beschouwingen zijn gericht geweest op de vraag hoe de coëfficiënten van de kwadratische elektrostrictie samenhangen met mechanische, diëlektrische en photoelastische materiaaleigenschappen. Om dit te bereiken, is een poging gedaan de Clausius-Mosotti relatie uit te breiden naar de rek-afhankelijke situatie. Het beeld van het locale veld maakte het mogelijk een verband te leggen tussen microscopische eigenschappen van het materiaal en zijn macoscopische eigenschappen. Uitdrukkingen voor het longitudinale en transversale effect van een diëlektricum met een eenvoudige structuur zijn gegeven in termen van elastische en diëlektrische materiaalkonstanten.

* * *

NEURAL NETWORK APPLICATIONS IN DEVICE AND SUBCIRCUIT MODELLING FOR CIRCUIT SIMULATION

P.B.L. Meijer
2 mei 1996
Promotoren: Prof. dr. ing. J.A.G. Jess en Prof. dr. ir. W.M.G. van Bokhoven

Dit proefschrift beschrijft de belangrijkste theoretische principes achter nieuwe automatische modelleringsmethoden die een uitbreiding vormen op concepten afkomstig uit theorieën betreffende kunstmatige neurale netwerken. De nieuwe aanpak biedt mogelijkheden om (macro)modellen te genereren voor sterk niet-lineaire, dynamische en meerdimensionale systemen, in het bijzonder electronische componenten en (deel)circuits. Zulke modellen kunnen vervolgens gebruikt worden in analoge simulaties. Dit dient een tweeledig doel. Ten eerste kan het helpen bij het aanzienlijk reduceren van de tijd die nodig is om tot een voldoend nauwkeurig simulatiemodel van een nieuwe basiscomponent -- zoals een transistor -- te komen, in gevallen waar het handmatig vanuit fysische kennis opstellen van een goed simulatiemodel zeer tijdrovend zou zijn. Ten tweede kan een beschrijving, op transistor-niveau, van een (deel)circuit worden vervangen door een veel eenvoudiger macromodel, om langs deze weg een drastische verkorting van de totale simulatietijd te verkrijgen.

In essentie behandelt het proefschrift het probleem van het maken van een efficiënt, nauwkeurig en numeriek robuust model vanuit gedragsgegevens zoals verkregen uit metingen en/of simulaties. Om dit doel te bereiken is de standaard backpropagation theorie voor statische "feedforward" neurale netwerken zodanig uitgebreid dat ook de continue dynamische effekten van bijvoorbeeld vertragingen en fasedraaiingen in rekening kunnen worden gebracht. Dit is noodzakelijk voor het kunnen modelleren van het hoogfrequent gedrag van electronische componenten en circuits. Wiskundig gezien is een neuraal netwerk nu niet langer een ingewikkelde niet-lineaire meerdimensionale funktie maar een stelsel niet-lineaire differentiaalvergelijkingen, waaraan getracht wordt de parameters zo te bepalen dat een goede benadering van een gespecificeerd gedrag wordt verkregen.
Op grond van theorie en algoritmen is een experimentele software-implementatie gemaakt, waarmee neurale netwerken kunnen worden getraind op een combinatie van tijd-domein en/of klein-signaal frequentie-domein gegevens. Naderhand kunnen geheel automatisch analoge gedragsmodellen en equivalente electronische circuits worden gegenereerd voor gebruik in analoge circuitsimulatoren zoals Pstar (van Philips), SPICE (van de universiteit van Californië te Berkeley) en Spectre (van Cadence). Het proefschrift bevat een aantal aan de praktijk ontleende voorbeelden die de praktische haalbaarheid en toepasbaarheid van de nieuwe methoden aantonen.

* * *

WAVEGUIDING ASPECTS OF ADVANCED SEMICONDUCTOR LASERS AND MINIATURE BLUE-GREEN LASERS

R.R. Drenten
2 juli 1996
Promotoren: Prof. dr. G.A. Acket en Dr. ir. M.F.H. Schuurmans

De laterale mode stabiliteit en zuiverheid en laterale intensiteitsprofielen in verscheidene AlGaAs halfgeleider laser array geometrieëen zijn onderzocht; er is een afschatting gemaakt van fabricage toleranties.
Berekeningen gebaseerd op de effectieve index methode laten zien dat de laterale mode stabiliteit en zuiverheid in fasegekoppelde array lasers beter is dan in lasers met een enkele brede stripe; de eerste hebben daarom de meest geschikte geometrie voor het lateraal spreiden van het optische vermogen op de voorspiegel. Verdere berekeningen laten zien dat selectie van een in-fase supermode in parallel-stripe arrays moeilijk is.
Hetzelfde model is gebruikt om fabricage toleranties in VSIS array lasers met 2 parallele stripes af te schatten. Voor laterale index stappern van $4.3x10^{-3}$, een stripe afstand van 5 mm en een stripe breedte van 3 mm is een effectieve index verschil tussen de afzonderlijke stripes van slechts $3.6x10^{-5}$ toelaatbaar. Dit komt overeen met p-cladding laagdiktevariaties van ten hoogste 0.01 mm (ofwel 3%) of met actieve laagdiktevariaties van ten hoogste 0.5 Angström (ofwel 0.1%). MOVPE is beter geschikt dan LPE voor het bereiken van deze toleranties.

De beam propagation method is gebruikt om eigenmodes met de laagste verliezen in 2-1 Y-junctie lasers met laterale inhomogeniteiten te berekenen. De gevoeligheid van de eigenmodes voor deze laterale inhomogeniteiten bleek een functie te zijn van de relatieve lengte van de 2-stripe sectie. De asymmetrie van de laagst-verlies eigenmode in een 2-1 Y-junctie VSIS array waarin de enkelstripe en de 2-stripe secties gelijke lengten hebben is een factor 38 kleiner dan in een vergelijkbare parallel-stripe array. Een

bijzonder gedrag treedt op als de enkelstripe sectie zeer kort wordt gekozen (ca. 5 mm): dan wordt het array geheel ongevoelig voor laterale inhomogeniteiten. In dit geval "kaatst" steeds een golf uit één van de beide golfgeleiders van de 2-stripe sectie aan de enkelstripe spiegel terug in de andere golfgeleider, zodat zich een eigenmode kan ontwikkelen die na 2 cavity rondgangen op zichzelf terugkomt. Tijdgemiddeld gezien leidt dit tot een mode die geheel symmetrisch is aan de 2-stripe spiegel.
Experimenteel is stabiele en pure antifase werking gerealiseerd voor uitgangsvermogens tot het spiegelbeschadigingsniveau van 90mW CW in VSIS array lasers met 5 parallele stripes. De stripes in een dergelijke laser stralen ongelijke vermogens uit, waarbij de centrale stripe het meest intens is; deze vermogens kunnen beter uniform worden gemaakt door de afstanden tussen de buitenste stripes kleiner te kiezen dan die tussen de overige stripes. Stabiele in-fase werking is gerealiseerd in 2-1 Y-junctie VSIS array lasers met een 1/4 antireflectie coating op de voorspiegel. Deze stabiliteit bleef gehandhaafd tot uitgangsvermogens van 100mW (spiegelbeschadigingsniveau). 3-2 Y-juntie lasers, van het ridge-guide type, bleken te starten in een antifase mode, die niet stabiel was over een groot uitgangsvermogen gebied. Dit gedrag weerspiegelt de niet-idealiteit van de Y-junctie koppelmethode en de afnemende modal gain verschillen voor een toenemend aantal stripes.

Voor conversie van een enkel-laterale-mode nabije veldverdeling naar een circulaire spot zijn extra optische elementen nodig (één van de redenen is de grote aspectverhouding van een dergelijke nabije veldverdeling). Dit feit, samen met de grote, vaak onpraktische, gevoeligheid van de fasekoppeling en de laterale mode uniformiteit voor laagdiktevariaties, verklaren de huidige matige activiteit op het gebied van enkel-laterale-mode fasegekoppelde array lasers.
Verder is zeer efficiënte conversie van infrarood naar blauw licht door middel van tweede harmonische generatie in ionuitgewisselde gesegmenteerde kanaalgolfgeleiders in KTP en $iNbO_3$, voor gebruik met een hoogvermogen AlGaAs laser in een miniatuur blauwe laser eenheid, onderzocht. In beide materialen is de hoogste niet-lineaire coëfficiënt, de d_{33}, gebruikt in samenhang met quasi phase matching. De phase-matching golflengte kan worden ingesteld door keuze van de segmentatie periode.
In het geval van van KTP werden Rb- en Ba-ionen uit een gesmolten nitraatbad toegepast. Het vereiste Ba-gehalte voor het realiseren van de effectieve ferroëlectrische domeininversie die nodig is voor de quasi-phase-matched golflengteconversie is een functie van de uitwisselingstemperatuur. De hoogste gemeten conversie-efficiëntie en blauw uitgangsvermogen bij een golflengte van 425 nm in een 0.5 cm lange golfgeleider zijn respectievelijk 400 %/W/cm^2 en 4 mW.
In het geval van $LiNbO_3$ werden protonen uit een gesmolten 'pyrofosforzuur-bad gebruikt. De proton uitwisseling vermindert de niet-lineariteit in de ionuitgewisselde segmenten, die zeer efficiënte quasi-phase-matched golflengteconversie mogelijk maken. Het induceert echter grote brekingsindex stappen (ongeveer 0.1), die een sterke diffractie van golfgeleid vermogen veroorzaken. Het vervolgens toepassen van een hoge-temperatuur annealstap vermindert de brekingsindex stappen en resulteert in golfgeleide golflengte-converters met lage verliezen. De hoogste gemeten conversie-efficiëntie en blauw uitgangsvermogen bij een golflengte van 437 nm in een 0.5 cm lange golfgeleider zijn respectievelijk 40 %/W/cm^2 en 13 mW.

Bij koppelexperimenten tussen een hoogvermogen AlGaAs halfgeleider laser en een geoptimaliseerde AR-gecoate KTP golflengte-converter met een gesegmenteerde kanaalgolfgeleider, met gebruik making van een 2.2x vergrotende lens, is een koppelefficiëntie van 0.36 gerealiseerd, gemeten aan de uitgang van de golfgeleider. Dit is in goede overeenstemming met de onafhankelijk gemeten golfgeleider transmissie (0.8) en de berekende koppelefficiëntie (0.45). Het opgewekte vermogen aan blauw licht was ongeveer 0.2 mW. Hogere vermogens (een niveau van enkele mW zou mogelijk moeten zijn) kunnen alleen worden gerealiseerd als de golflengte van de pomplaser extern wordt gestabiliseerd.
Thermische aspecten van blauw-groene II-VI halfgeleider lasers met een ZnCdSe QW zijn onderzocht. Gebruik van ZnMgSSe in plaats van ZnSSe voor de cladding lagen resulteert in pseudomorfische lasers die kunnen werken bij significant hogere temperaturen (394 K in plaats van 265 K, bij gepulst bedrijf met 100 ns pulslengte). Deze verbetering kan worden verklaard uit het grotere verschil in bandafstand tussen de cladding-laag en de QW en maakt duidelijk dat het toepassen van ZnMgSSe cladding lagen een belangrijke stap is in de richting van de realisatie van praktische lasers die CW werken bij kamertemperatuur. Als lasers met ZnMgSSe cladding lagen en met ZnSSe golfgeleidingslagen ("quaternaire lasers") worden bedreven met langere pulsen treedt de temperatuurstijging in de puls pas op na een zekere vertraging. Vergelijking van de resultaten met die van een laser met ZnSe cladding lagen en zonder golfgeleidingslagen laat zien dat het toegepaste ZnMgSSe en/of ZnSSe een significante lagere (~ 0.1x) warmte-diffusiecoëfficiënt hebben dan ZnSe. Thermische weerstanden van quarternaire lasers (met stripes van 50x500 mm^2) zijn bepaald bij zowel "substrate-down" montage (~ 89 K/W) als bij "substrate-up" montage (~ 37 K/W). Er is een eenvoudige uitdrukking geformuleerd voor de CW-laservoorwaarde. De quarternaire lasers voldoen aan deze voorwaarde, zowel bij "substrate-down" als bij "substrate-up" montage. CW-laserwerking gedurende 0.5 s is waargenomen in een "substrate-down" gemonteerde quaternaire laser.

Karakteristieken van quaternaire II-VI halfgeleiderlasers met smalle stripe (w_{str}) zijn onderzocht onder korte en lange puls bedrijf. De waargenomen veranderingen bij toename van de pulslengte zijn geïnterpreteerd als veroorzaakt door thermische index guiding. Een model met een cosh^{-2} lateraal brekingsindex profiel is gebruikt om uit meetwaarden bij korte puls bedrijf de linewidth parameter te bepalen; de gevonden waarde was a ~ -1. Als, bij gebruik van hetzelfde model, alle interne laserparameters contstant worden gehouden en a wordt gevarieerd, bereikt het astigmatisme een maximum van AD=70 mm voor deze waarde van a (experimenteel was AD=80 mm gevonden bij korte puls bedrijf). Het model kan eveneens gebruikt worden om thermische index guiding te simule-

ren indien positieve waarden voor a worden genomen. Experimenten aan lasers met 5 mm brede stripes lieten zien dat in deze devices laserwerking vrijwel onmogelijk was onder korte puls bedrijf en dat thermische index guiding lange puls laserwerking wel mogelijk maakte.
Ten gevolge van het verschil tussen de laterale en de transversale optische opsluiting is de uittredende bundel uit een zij-emitterende halfgeleider laser in het algemeen elliptisch van vorm. Reductie van deze ellipticiteit door middel van een hoekselectieve diëlectrische spiegelcoating en de daarmee gepaard gaande toename van het maximaal in te koppelen vermogen in een circulaire pupil zijn geanaliseerd. Het gebruik van een dergelijke coating op de voorspiegel, samen met toepassing van een hoogreflecterende coating op de achterspiegel, geeft een toename van de externe differentiële efficiëntie, gemeten achter een circulaire apertuur met NA=0.11, die vergelijkbaar is met de toename die kan worden gerealiseerd door toepassing van een 4% antireflectie coating. De oplossing met de hoekselectieve coating heeft echter het voordeel van een lagere laser-drempelspanning. De diëlectrische coatings, gemaakt door middel van electronenbundelopdampen, bleken sterk temperatuurgevoelig te zijn; daarom zijn deze niet erg geschikt voor praktische toepassing met betrekking tot het beschreven doel. Het is te verwachten dat gesputterde coatings een beter gedrag vertonen.

Verscheidene onderwerpen zijn beschreven in dit proefschrift. Een belangrijk algemeen onderwerp is optische golfgeleiding. Steeds zijn experimenten gedaan die erop gericht waren optimaal inzicht te verschaffen in de betrokken fysische processen. Er zijn berekeningen gedaan aan de hand van modellen zoals de effectieve index methode en de beam propagation methode. Interpretatie van de experimentele resultaten in samenhang met de berekeningen heeft steeds geleid tot een verbeterd inzicht in het gedrag en de prestaties van de onderzochte devices in relatie tot de ontwerpparameters.

* * *

Universiteit TWENTE

ANALOG CIRCUIT DESIGN ON DIGITAL SEA-OF-GATES ARRAYS

P.E. de Haan
8 september 1995
Promotor: prof. dr. H. Wallinga

Doelstelling
Het integreren van analoge schakelingen op sea-of-gates arrays biedt de mogelijkheid om goedkoop gemengd analoog-digitale schakelingen te ontwerpen. Dit proefschrift heeft als doel om vast te stellen waardoor de prestaties van analoge schakelingen op sea-of-gates arrays wordt begrensd.

Vaststelling van onderwerpen voor verder onderzoek
Meestal zal het analoge deel van een gemengd analoog-digitale schakeling een (deel van een) koppeling tot stand moeten brengen tussen het digitale deel en de analoge buitenwereld. A-D en D-A omzetters spelen hierin een essentiële rol. Sea-of-gates arrays zijn een verdere ontwikkeling van gate arrays die dateren uit het begin van de jaren '80. Hoewel moderne (Bi)CMOS processen mogelijkheden tot enige variatie bieden, zijn de meeste sea-of-gates arrays rij-georienteerd. Standaard rij-georienteerd arrays zijn de beste keuze voor het ontwerpen van analoge schakelingen. Deze bieden een relatief grote vrijheid om eenheids-MOSTen parallel en serie te schakelen, maken het eenvoudig om gelijke transistor paren te verkrijgen en stellen de minste eisen aan de proces technologie. Uit een inventarisatie van potentiële problemen, gerelateerd aan het ontwerpen van analoge schakelingen sea-of-gates arrays, blijkt het noodzakelijk om serie schakelingen van MOSTen, die worden gebruikt als vervanging van lange MOSTen, nader te bestuderen. De beschikbare passieve componenten zijn daarentegen niet wezenlijk anders dan hun full custom tegenhangers. Ook overspraakproblemen zijn niet groter dan bij full custom ontwerpen, zolang er gebruik wordt gemaakt van een proces met een laag gedoteerde epitaxiale laag op een hoog gedoteerd substraat. Om de grenzen van de haalbare prestaties met de beschikbare componenten te verkennen, is het nodig om een aantal analoge schakelingen te ontwerpen. Gezien de functie van analoge schakelingen op sea-of-gates arrays, ligt het voor de hand om hierbij te kijken naar D-A en A-D omzetters.

Modellering van samengestelde MOSTen
Om de ontwerp- en simulatiecomplexiteit van de schakelingen te beperken is het wenselijk om samengestelde MOSTen (parallel en serie schakelingen van MOSTen met eenheids-afmetingen) te vervangen door kunstmatige MOSTen met dezelfde breedte en

lengte. Een essentieel verschil tussen een samengestelde MOST en een enkelvoudige MOST is de aanwezigheid van tussenliggende diffusiegebieden die bij serieschakelingen van eenheids-MOSTen (serie-MOSTen) het kanaal op regelmatige afstanden onderbreken. Uit een theoretische afleiding, gebaseerd op het gedrag van een MOST in sterke inversie, blijkt dat een serie-MOST hetzelfde elektrische gedrag vertoond als een enkelvoudige MOST. Tengevolge van de aanwezigheid van de tussenliggende diffusiegebieden bij serie-MOSTen verschillen de lengte afhankelijkheden van de parameters, die de invloed van laterale diffusie, charge sharing en serieweerstand modelleren, echter met die van enkelvoudige MOSTen. Dit wordt veroorzaakt doordat de invloed van korte kanaal effecten met toenemende lengte bij enkelvoudige MOSTen afneemt, terwijl deze aanwezig blijft bij serie-MOSTen. De resultaten van deze theoretische analyse zijn bevestigd door metingen die zijn uitgevoerd op een voor dit doel ontworpen geïntegreerde schakeling. Een recht-toe recht-aan methode om in circuit-simulaties rekening te houden met de verschillen tussen serie-MOSTen en enkelvoudige MOSTen, is om alle eenheids-MOSTen afzonderlijk mee te nemen. Het voordeel hiervan is dat er geen aandacht hoeft te worden besteed aan device modellering. Nadelen zijn een vergrote complexiteit van de schakeling (c.q. simulatie) en het optreden van kleine artefacten in de modellering van de lengte afhankelijkheden van de drempelspanning en de body-effect coëfficiënt. Een compact en relatief eenvoudig alternatief is het wijzigen van een aantal model parameters van het circuit-simulatiemodel, zodat de lengte afhankelijkheden van serie-MOSTen in rekening kunnen worden gebracht.

D-A en A-D omzetting
Uitgaande van een beschouwing over veel toegepaste geïntegreerde D-A en A-D omzetters, zijn er voor verder onderzoek twee uitgekozen. Beide omzetters zijn flexibel en hebben een relatief klein oppervlak. De eerste omzetter is een cyclische switched-capacitor (SC) A-D omzetter. Met deze compacte omzetter is het mogelijk om omzettingssnelheid te vergroten door de resolutie te verkleinen en omgekeerd. Het is een goed voorbeeld van een SC schakeling, die veel gebruikt worden voor analoge signaalbewerking. Uit een analyse van de basis configuratie van de omzetter blijkt dat de belangrijkste foutbronnen offset, capacitor mismatch en ladingsinjectie zijn. Door de basisconfiguratie te verbeteren is, afgezien van de ladingsinjectie, de invloed van de foutbronnen aanzienlijk te verminderen.

Ladingsinjectie blijft een beperkende factor tengevolge van de relatief grote afmetingen van de eenheids-MOSTen op het sea-of-gates array. Dit beperkt de resolutie tot 8 bits. Als gevolg van de ladingsinjectie zijn de gebruikte capaciteiten relatief groot. Deze intermetaal capaciteiten nemen een grote oppervlak in en door hun grote parasieten introduceren zij een extra belasting voor de opamps. Met een omzetter, waarin de opamps waren gegenereerd met behulp van het ontwerpprogramma ANANAS, is het mogelijk gebleken om een sample frequentie van 8 kHz te behalen.
De tweede omzetter die is onderzocht is een nieuwe binair gewogen D-A omzetter, waarvan het hart uit alleen MOSTen bestaat. Deze worden gebruikt voor het realiseren van zowel een binair gewogen stroomdeling als voor het schakelen van de uitgangsstromen. Als eerste is de invloed van foutbronnen (tweede orde effecten in de MOSTen, mismatch, offset en ruis) op het hart van de omzetter geanalyseerd. Dit heeft geleid tot een eenvoudige methode voor het afschatten van de haalbare resolutie, die is geverifieerd met behulp van metingen. Vervolgens is een complete D-A omzetter ontworpen door een, op een opamp gebaseerde, I-V omzetter toe te voegen aan het hart van de converter. Bij de uitgevoerde analyse en het ontwerp is gebleken dat, ten opzichte van een full custom ontwerp, een sea-of-gates array geen extra beperkingen voor de resolutie oplevert. Ten gevolge van offset is deze beperkt tot 8 bits. De ontworpen converter zal in staat zijn om een omzettingssnelheid van 5 Mhz te halen. De snelheid wordt beperkt door de glitches die door de schakelende MOSTen in het hart van de omzetter worden gegenereerd. De afmetingen van de eenheids-MOSTen op het sea-of-gates array zijn de belangrijkste beperking van de prestaties van de converter.

Conclusies
Met betrekking tot overspraak hebben sea-of-gates arrays a priori geen nadelen ten opzichte van full custom gemengd analoog-digitale schakelingen. Als de device parameters worden aangepast, kunnen samengestelde MOSTen in circuit-simulaties worden beschouwd als kunstmatige enkelvoudige MOSTen. De aangepaste parameters kunnen eenvoudig worden afgeleid uit de parameters van enkelvoudige MOSTen. Als gevolg van de bijbehorende ladingsinjectie blijken de relatief grote eenheids-MOSTen een dominante beperkende factor in de prestaties van analoge schakelingen, ontworpen op sea-of-gates arrays. Op een sea-of-gates array hebben praktische capaciteiten de neiging onpraktisch groot te zijn. Door een aantal eenvoudige aanpassingen, zoals het opnemen van kleine MOSTen in een array en het toevoegen van (kleine) arrays van passieve componenten, kunnen de omstandigheden voor het ontwerpen van analoge schakelingen aanzienlijk worden verbeterd. Deze aanpassingen kosten weinig en kunnen de mogelijkheden voor het ontwerpen van gemengd analoog-digitale systemen op een array aanmerkelijk vergroten.

* * *

MAGNETIC CHARACTERISATION OF RECORDING MATERIALS: DESIGN, INSTRUMENTATION AND EXPERIMENTAL METHODS

E.O. Samwel
5 oktober 1995
Promotors: prof. dr. Th.J.A. Popma en dr. J.C. Lodder (assistent promotor)

De vooruitgang op het gebied van magnetische data-opslag gaat ontzettend snel. Om deze vooruitgang voort te zetten worden nieuwe recording materialen ontwikkeld waarvoor geavanceerde meetsystemen en meetprocedures nodig zijn. De bestaande meetmethoden moeten opnieuw bekeken worden omdat de andere morfologie van de nieuwe materialen mogelijk een andere interpretatie van de resultaten nodig maakt. Deze drie doelen, het ontwikkelen van een meetsysteem en meetmethoden, en het herijken van bestaande methoden, zijn het hoofd onderwerp van het onderzoek dat in dit proefschrift beschreven wordt.

Design specificaties en de keuze van het meetapparaat
Met de alsmaar dalende bit-grootte, wordt het gedrag op micro- of zelfs nano-schaal steeds belangrijker. Tegelijkertijd kunnen macroscopische metingen de kennis en het begrip van de nieuwe materialen vergroten, vooral wanneer ze gecombineerd worden met observaties op micro-schaal. De macroscopische metingen geven dan informatie over het gemiddelde gedrag van miljoenen of miljarden magnetische entiteiten, terwijl de micromagnetische observaties idealiter het gedrag meten van de afzonderlijke entiteiten, wat bijvoorbeeld 'korrels', deeltjes maar ook domeinen kunnen zijn. In hoofdstuk 1 wordt getoond dat macroscopische metingen gebruikt moeten kunnen worden voor het bepalen van macroscopische parameters zoals de coerciviteit en de verzadigings magnetisatie. Daarnaast moeten ze geschikt zijn voor richtings afhankelijke metingen en, als dat mogelijk is, voor het bepalen van de gemiddelde interactie in het materiaal, dit omdat in het algemeen geloofd wordt dat de interacties op bit schaal uiteindelijk de kwaliteit van recording systemen zal gaan bepalen. Als de huidige trends in recording systemen voortgezet worden, dan zijn dit de eisen voor een toekomstig macroscopisch meetapparaat:

* Een gevoeligheid van 10 nAm^2 of beter (als 1 cm^2 samples gebruikt worden, voor kleinere samples is een hogere gevoeligheid nodig).
* Een zo hoog mogelijk veld (> 2500 kA/m).
* De mogelijkheid om bij 0 veld en statische velden te kunnen meten met een veld resolutie van 0.1 kA/m (of beter).
* Een vector detectie systeem en een veld dat draaibaar is over tenminste $+/- 180^0$.
* Flexible besturings software die het mogelijk maakt om .nieuwe meetmethoden makkelijk en snel toe te voegen.
* Snel, makkelijk te bedienen en onderhouden.

In het tweede hoofdstuk worden verschillende bestaande macroscopische meetprincipes vergeleken, uit de vergelijking volgt dat een VSM het meest geschikt is voor de taakstelling. De meest geschikte andere systemen zijn hetzij moeilijk te bedienen en langzaam (SQUIDS) of niet geschikt om bij statische velden te meten (AGFM).

Het ontwerp van de VSM en het detectie systeem

Het derde en vierde hoofdstuk behandelen het ontwerp van de VSM en zijn detectie spoelen set. Met name het ontwerp van de VSM zelf blijkt een moeilijk en multidisciplinair probleem te zijn met zowel mechanische als electronische aspecten. Uiteindelijk is een systeem gemaakt waarvan de specificaties vergelijkbaar of beter zijn dan die van alle andere bekende systemen. Sommigen daarvan kunnen beter zijn in details maar, voor zover bekend, combineert geen van die systemen deze betere specificaties met een vergelijkbaar vectorieel detectie systeem, reproduceerbaarheid en positie onafhankelijkheid. Systemen met een betere gevoeligheid zijn in het algemeen ontworpen voor kleinere samples en presteren daarom effectief niet beter. In hoofdstuk 3 wordt aangetoond dat het ruisniveau van een VSM gereduceerd kan worden tot het niveau van de Johnson ruis, de theoretische minimum limiet. Voor de hier beschreven VSM betekent dit dat de piek-piek ruis kleiner kan zijn dan 10 nAm^2, bij een tijdconstante van 3 seconden. Met behulp van averaging kan de ruis nog verder terug gebracht worden, ten koste van de meet-tijd. Het achtergrondsignaal wordt veroorzaakt door het diamagnetische signaal van de samplehouder en de trillingen in het systeem. Met een symetrisch samplehouder ontwerp kan het diamagnetische signaal worden geminimaliseerd. Intensieve trillingsdemping en trillingscompensatie met behulp van een anti-fase triller, kunnen de systeem trillingen voldoende reduceren. Het totale achtergrond signaal is ca. 20 nAm^2/T, mogelijk kan dit nog verder verbeterd worden door de anti-triller zo af te stellen dat het signaal als gevolg van systeem trillingen het diamagnetische signaal compenseert. Een andere mogelijkheid is het toevoegen van een kleine hoeveelheid paramagnetisch materiaal om daarmee het diamagnetische signaal te compenseren. Dit is al getest voor samplehouders met een veel groter diamagnetisch signaal. In dat geval kon het achtergrond signaal ongeveer 10x gereduceerd worden.

Nagenoeg alle vectoriele detectie spoelen systemen kampen met grote hoekafhankelijke calibratie problemen. Het spoelenstelsel dat hier is gebruikt voorkomt deze problemen door relatieve rotatie van het sample t.o.v. het spoelen systeem te vermijden. Het voornaamste nadeel van het hier gebruikte spoelensysteem is een toegenomen gevoeligheid voor trillingen en een hoek afhankelijk image effect. Het image effect kon gereduceerd worden tot (1% en de trillingen zijn opgelost op de hierboven beschreven manier. Hiermee is het in het algemeen niet nodig bij deze VSM om een hoekafhankelijke calibratie uit te voeren, terwijl de specificaties vergelijkbaar zijn met de beste conventionelen systemen. In standaard spoelen-systemen van het Mallinson type wordt het x-signaal beinvloed door de magnetisatie in de y-richting (en omgekeerd), als de sample-spoelen afstand relatief klein wordt. Dit betekent ook dat zodra de magnetisatie een hoek heeft met het aangelegde veld, een uni-axiaal systeem van dit type zelfs niet geschikt is voor het meten van de magnetisatie component in de veldrichting. Omdat dit effect onbekend is en het daarom in het algemeen genegeerd wordt, kunnen meetfouten in de orde van 30% optreden als er met dergelijke systemen gemeten wordt aan samples waar de magnetisatie een hoek heeft met het aangelegde veld. In hoofdstuk 4 wordt een calibratie methode beschreven waarmee dit probleem verholpen kan worden (voor vectoriele detectie systemen).

De software voor het besturen van het systeem en de metingen

De software die gecreëerd is voor het besturen van de VSM, is op een zodanige wijze geschreven dat hij gebruikt kan worden voor het besturen van nagenoeg alle meetsystemen waar een (aantal) signalen gemeten worden als functie van een (aantal) quasi-statisch veranderende parameters. Daarnaast is een meetroutine ontwikkeld waarmee iedere meetprocedure uitgevoerd kan worden. Een van de belangrijkste voordelen van dit systeem is dat het onderhoud beperkt is tot slechts een routine.

Meetprocedures en de interpretatie van de resultaten

Vectoriële detectie van de magnetisatie leidt tot een toename in het inzicht in het magnetische gedrag van materialen. De standaard methode om alleen naar de component van de magnetisatie in de veld richting te kijken, is niet in alle gevallen de meest geschikte en kan zelfs in bepaalde gevallen leiden tot een misinterpretatie van het magnetische gedrag. Voor metingen die gedaan worden onder een hoek met de easy-as van het materiaal, kan de coerciviteit niet langer gedefinieerd worden als het veld waarbij de magnetisatie nul wordt aangezien zo'n veld niet bestaat. Een betere definitie is hier het veld waarbij de magnetisatie in de veldrichting nul wordt. Dit coercieve veld is echter niet het veld waarbij de meerderheid van de magnetistaie omklapt, dat veld wordt gevonden waar de magnetisatie vector een minimum lengte heeft. Als het op deze manier gedefinieerde gemiddelde schakelveld wordt uitgezet tegen de veldhoek, resulteert een grafiek die veel zinvoller en makkelijker te interpreteren is dan de hoekafhankelijke coerciviteits grafiek. De resultaten kunnen verklaard worden met behulp van anisotropie en demagnetiserende velden. Met een VSM wordt het gemiddelde gedrag van miljarden deeltjes of domeinen gemeten. Daarom is het onmogelijk om te bepalen of het geobserveerde gedrag representatief is voor het gehele sample. Dit betekent dat als metingen een particulate reversal mechanisme aangeven, er zeker ook gebieden kunnen zijn waar domeinwand verplaatsing overheerst. Daarom is het ook onmogelijk om met VSM metingen een bewijs te leveren voor de geschiktheid van een materiaal voor magnetische recording. In sommige gevallen kan echter wel aangetoond worden aan de hand van VSM metingen dat een materiaal ongeschikt is voor recording. Torque metingen met een VSM zijn goed mogelijk en leiden tot resultaten die veregelijkbaar zijn met de resultaten die verkregen worden m.b.v. een

koppelmagnetometer. Het laatste instrument heeft echter een veel hogere gevoeligheid. Een voordeel van de VSM is dat, omdat de complete magnetisatie vector bekend is in plaats van de torque, een extrapolatie naar oneindig veld niet meer noodzakelijk is. Bovendien kan de demagnetisatie compensatie exacter worden omdat de magnetisatie component loodrecht op het sample exact bekend is en er geen aannames over de alignment van de magnetisatie met het veld nodig zijn. Hoekafhankelijke remanentie metingen zijn zeer geschikt voor het snel en gemakkelijk bepalen van de voorkeursrichting van een materiaal en om de spreiding in voorkeursrichtingen te bepalen. Uit hoekafhankelijke remanentie metingen aan dubbellagen kunnen de voorkeursrichtingen van de individuele lagen bepaald worden. Als demagnetisatie compensatie wordt toegepast, geven hoekafhankelijke remanentie metingen resultaten die overeenkomen met morfologische observaties. Er zijn aanwijzingen dat de individuele lagen van een dubbellaag elkaar beinvloeden. Met hoekafhankelijke remanentie metingen kunnen de resulterende voorkeursrichtingen bepaald worden en mogelijk ook de richtingen van de magnetisatie in de individuele lagen tgv. de interactie met de andere laag.

* * *

INTERACTIVE VISUALISATION OF VOLUME DATA

M. J. Bentum
15 december 1995
Promotor: prof. dr.-Ing. O.E. Herrmann

Volumevisualisatie is de techniek om van een driedimensionale dataset een tweedimensionale projectie te maken. Deze driedimensionale datasets kunnen worden verkregen door bijvoorbeeld een medische scanner. Veel ziekenhuizen hebben tegenwoordig wel een CT-, MRI-, SPECT-, PET- of US-scanner operationeel. Voor het visualiseren van de data bestaan twee categorieën algoritmes: oppervlakte- en volumevisualisatie-technieken. De oppervlaktevisualisatiealgoritmes gebruiken een geometrische beschrijving van de inhoud van de data, welke vervolgens door standaard grafische computerbewerkingen worden gevisualiseerd. Helaas is deze beschrijving lang niet altijd even gemakkelijk te realiseren en dat is dan ook de reden dat directe volumevisualisatiemethodieken de voorkeur verdienen. Volumevisualisatietechnieken kunnen grofweg onderverdeeld worden in twee categorieën: de zogeheten 'image-order' en 'object-order' algoritmes. Raycasting is de meest toegepaste techniek en valt onder de eerste categorie. Deze techniek is gemakkelijk te parallelliseren en verdient de voorkeur. In dit proefschrift wordt raycasting gebruikt.

Om het uiteindelijke beeld kwalitatief te verbeteren moet speciaal op de gebruikte interpolatietechnieken gelet worden. Interpolatie wordt in het algoritme toegepast tijdens het sampelen van de oorspronkelijke data. Verschillende technieken worden in dit proefschrift behandeld. Het blijkt dat de zogeheten cubic-spline interpolatietechniek superieur is aan de andere technieken. Het bepalen van de gradiënt van oppervlakten in de data is ook bepalend voor de uiteindelijke beeldkwaliteit. Gradiëntinformatie wordt namelijk gebruikt om oppervlakten te classificeren en om een kleur toe te kennen aan de punten in de dataset. In dit proefschrift wordt een analyse gepresenteerd om de ideale gradiënt te bepalen. Deze ideale gradiënt wordt vergeleken met gebruikelijke gradiëntberekeningen. Een nieuwe methode wordt geintroduceerd voor het bepalen van de gradi"ent op willekeurige posities in de dataset. Deze methode berekent de gradiënt door de afgeleide te nemen van de gebruikte interpolatiemethode. Als voorbeeld zal als interpolatiemethode de cubic-splinemethode gebruikt worden. Beelden laten zien dat deze manier van gradiëntberekening superieur is aan de traditionele methodieken.

Wanneer berekeningen gemaakt worden van het aantal computerbewerkingen voor het genereren van een afbeelding op interactieve snelheid (wat ongeveer 25 beelden per seconde is), dan komen daar getallen uit in de orde van tera 10^{12}) operaties per seconde. Dit is afhankelijk van de gebruikte interpolatiemethode en gradiëntberekeningsmethode. Wanneer deze algoritmes worden geimplementeerd op standaard werkstations en personal computers, zal nooit voldaan worden aan de interactieve snelheidswensen. Een andere aanpak is noodzakelijk, zoals het ontwikkelen van hardware specifiek voor dit doel. In dit proefschrift wordt een architectuur gepresenteerd welke het wel mogelijk maakt om interactieve visualisatie van volumedata te verkrijgen. Speciale aandacht wordt gegeven aan de meest rekenintensieve onderdelen van het algoritme: de interpolatie en de gradiëntberekening. Ook wordt in dit proefschrift speciale aandacht gegeven aan de tweedimensionale beeldmanipulatie. Deze hardware kan worden toegepast als het laatste onderdeel in de driedimensionale hardware, maar kan ook los gebruikt worden voor bijvoorbeeld videotoepassingen. Twee prototypes zullen worden beschreven. Deze zijn ook daadwerkelijk gerealiseerd.

* * *

INTEGRATED VDF/TrFE COPOLYMER-ON-SILICON PYROELECTRIC SENSORS

D. Setiadi
21 december 1995
Promotor: prof. dr. ir. P.P.L. Regtien

Dit proefschrift beschrijft het ontwerp, de technologie en de fabricage van een ge‹ntegreerde pyro-elektrische matrix-sensor gebaseerd op vinylideen-fluoride trifluoroethyleen (VDF/TrFE), een copolymeer van PVDF. Pyro-elektriciteit is een verandering van de temperatuur-afhankelijkheid van de natuurlijke polarisatie van een pyro-elektrischmateriaal. Als de

temperatuur van een dergelijk materiaal varieert, verandert de interne polarisatie. Deze verandering hangt af van de sterkte van de temperatuurverandering en van de pyro-elektrische coëfficiënt. Het effect is een lading aan het oppervlak van de sensor, waarvan de grootte dus een maat is voor de temperatuurverandering. Bij de geïntegreerde VDF/TrFE copolymeer-op-silicium sensor is een laag VDF/TrFE copolymeer aangebracht op een silicium plak, waarin de uitleeselektronica is reeds is aangebracht. Hiermee wordt de afstand tussen de warmtegevoelige elementen en de uitlees elektronica sterk gereduceerd, en daarmee de kans op elektromagnetische storingen.

In hoofdstuk 2 wordt het ontwerp behandeld van een pyro-elektrische detector, gebaseerd op VDF/TrFE copolymeer op een silicium substraat. Twee belangrijke parameters die de gevoeligheid van een pyro-elektrische detector bepalen zijn de dikte van de lagen en de chopper- of modulatie-frequentie. Het silicium substraat veroorzaakt een verlaging van de gevoeligheid van de detector, vooral bij lage frequenties. Dit is te wijten aan de goede warmtegeleidbaarheid van silicium, waardoor de geabsorbeerde warmte makkelijk naar het substraat af kan vloeien, en de gemiddelde temperatuur in het pyro-elektrische materiaal afneemt. Dit effect kan worden verminderd door:

(1) het wegetsen van een deel van het silicium dat juist onder het gevoelige element ligt, en:
(2) het aanbrengen van een extra thermisch isolerende laag VDF/TrFE. De eerste methode levert de grootste winst.

De ruis van de pyro-elektrische detector wordt door een drietal ruisbronnen gemodelleerd en gemeten. De diëlektrische ruis overheerst de ruis van de pyro-elektrische detector. De diëlektrische ruis varieert met de wortel uit het oppervlak en de wortel uit de frequentie. De waarde van de "Noise Equivalent Power (NEP)" van de pyro-elektrische detector varieert van 1 tot 6.10^{-7} W/Hz voor modulatie-frequenties van 1 tot 105 Hz. Hoofdstuk 3 behandelt de opbouw en eigenschappen van het pyro-elektrisch materiaal: VDF/TrFE. Dit copolymeer van vinylideen fluoride (VDF) en trifluoroethyleen (TrFE) vertoont een fase-transitie van ferro-elektrisch naar para-elektrisch, bij de transitie-temperatuur of Curie-temperatuur, Tc. Net als PVDF bestaat VDF/TrFE uit een kristallijn deel en een amorf deel. In tegenstelling tot PVDF, door de toevoeging van een hoeveelheid TrFE aan PVDF, kristalliseert het copolymeer direct in de zg. -fase. De kristalgraad is nog te verhogen met een warmtebehandeling, tussen de Curie-temperatuur en de smelttemperatuur. VDF/TrFE copolymeer kan door spinnen in dunne lagen op het silicium worden aangebracht. Een extra warmtebehandeling na het spinnen resulteert in vermindering van lokale mechanische spanningen, verhoging van de kristalliniteit, een betere hechting tussen de aluminium elektroden en het copolymeer, en ten slotte het verwijderen van eventuele restanten oplosmiddel (methyl ethyl katone). De hechting tussen de aluminium elektroden en het copolymeer wordt ook bevorderd met een behandeling met hexa methyl disilazaan. Om pyro-elektrische eigenschappen te verkrijgen moet het copolymeer worden gepolariseerd. De polarisatie kan op verschillende manieren worden uitgevoerd. Bij alle methoden wordt een hoge spanning over het copolymeer aangebracht. Thermische polarisatie vindt plaats door een combinatie van een hoge spanning en een hoge temperatuur. Bij corona-poling injecteert men lading op het film-oppervlak via een corona-ontlading, en bij elektron-beam poling beschiet men het materiaal met een elektronenbundel. Polarisatie reduceert het aantal kristalfouten, waardoor de kristalliniteit en de natuurlijke polarisatie toenemen. Poling resulteert ook in verandering van de elektrische eigenschappen van het copolymeer: de di‰lektrische constante en de diëlektrische verliezen nemen af. De pyro-elektrische coëfficiënt neemt toe met toenemende temperatuur. Boven de Curie-temperatuur echter neemt de pyro-elektriciteit weer af. Hoe hoger het elektrisch veld bij polarisatie, hoe sterker de pyro-elektriciteit; echter, de kans op thermische en elektrische doorslag neemt ook toe. Om dit laatste tegen te gaan, is een methode ontwikkeld waarbij de polarisatie stapsgewijze wordt uitgevoerd. De polarisatiespanning bestaat uit vijf opvolgende pulsen met een duur van een paar minuten, waarbij de hoogte van de pulsen steeds toeneemt. Deze "on-chip" polarisatie kan bij kamertemperatuur plaatsvinden, en leidt niet tot beschadiging van de geintegreerde elektronika. De techniek resulteert in een geringe kans op elektrische doorslag en een hoge pyro-elektrische coëfficiënt. Om verbinding tussen de chip en de buitenwereld mogelijk te maken, dient het copolymeer van de bond-aansluitvlakken te worden verwijderd. Daartoe wordt het copolymeer plaatselijk ge-etst. Het selectief etsen van het copolymeer wordt gedaan door nat etsen met 2-butanon. De etssnelheid is 1 m/min bij 30°C en neemt toe met toenemende etstemperatuur. De elektrische eigenschappen van VDF/TrFE zijn direct of indirect gekoppeld aan de pyro-elektrische activiteit. De volgende elektrische eigenschappen werden bij 25°C gemeten: een permanente polarisatie van 2 mC/m^2, een coercief veld van 20 V/ m, een diëlektrische constante van 13.1 en een diëlektrisch verlies van 0.034. De pyro-elektrische coëfficiënt is 2 nC/cm^2K. Een geïntegreerde pyro-elektrische matrixsensor gebaseerd op VDF/TrFE is beschreven in hoofdstuk 4. In het eerste ontwerp is gekozen voor spanningsuitlezing in plaats van ladingsuitlezing, vanwege de eenvoud van de schakeling; immers, het doel is een matrix sensor te realizeren met vele sensor-elementen, die elk zijn voorzien van een (voor)versterker. De ruis van de pyro-elektrische sensor bestaat uit drie bijdragen: de ruis van het detectormateriaal, die van de FET en tenslotte de weerstandsruis van de versterker. De grootste bijdrage aan de ruis wordt gevormd door de 1/f ruis van de FET. Bij hogere frequenties (boven 1 MHz) neemt de thermische ruis van de drainweerstand R_{load} die rol over. De biasweerstand R_{bias} bepaalt in sterke mate de spanningsgevoeligheid van de pyro-elektrische sensor alsmede de elektrische kantelfrequentie in de overdracht. De gemeten ruisspanning neemt af met toenemende frequentie; bij 10 Hz bedraagt de spectrale ruisspanning ongeveer 200 nV/Hz. Ook de NEP neemt af bij toenemende frequentie. Bij een waarde voor R_{bias} van 10

M Ohm en een frequentie van 100 Hz is NEP ongeveer 10^{-8} W/Hz.

* * *

GEOMETRIC PARAMETER ESTIMATION BY COST MINIMIZATION

L. Lu
22 februari 1996
Promotor: prof. dr. ir. P.P.L. Regtien en ir. Z. Houkes (assistent-promotor)

Het thema van dit proefschrift is parameterschatting van de geometrie van akkers, waargenomen m.b.v. SAR (Synthetic Aperture Radar) beelden. Het doel is, gegeven een SAR-beeld van akkers, de aanwezigheid van objecten (zoals b.v. akkers met aardappelen) te detecteren en de afmeting en oriëntatie ervan t.o.v. een referentiesysteem te bepalen. Er wordt een modelgebaseerde aanpak voor geometrische parameterschatting gepresenteerd, die gebruik maakt van een criterium voor minimum kosten. In deze methode wordt a priori kennis vanuit twee bronnen op basis van een model omgezet in een beschrijving van de akkers die via SAR-beelden worden waargenomen. Een Geo Informatie Systeem (GIS) levert een initiële voorspelling van de geometrische parameters van de objecten en de door stationaire objecten (sloten, wegen, boerderijen, e.d.) opgelegde constraints, terwijl de gamma-verdeling, verkregen met SAR beeld-simulatie, de radiometrische eigenschappen van een object in een SAR-beeld beschrijft. Voor de kwantitatieve evaluatie van de voorspelde objecten wordt een kostencriterium toegepast. De geometrische parameters van de objecten worden gevonden door minimalisatie van de kosten.

Het model van het object is gebaseerd op het simultane gebruik van een radiometrische en een geometrische beschrijving. Het radiometrische deel karakteriseert zowel de radiometrische eigenschappen van de afgebeelde objecten als het zgn. speckle effect dat eigen is aan SAR-beelden. De Kolmogorov-Smirnov test is gebruikt om aan te tonen dat deze model hypothese in overeenstemming is met de data verkregen uit SAR-beelden. Het geometrische model beschrijft een object in het SAR-beeld als een rechthoek met de oriëntatie, de positie en de afmetingen als de parameters van het object. De onderliggende veronderstelling is de homogeniteit binnen de waargenomen akkers en de verwaarloosbare vervorming t.g.v. de afbeelding van de rechthoekige vorm. Er zijn diverse functies voor de kosten, toegepast in beeldverwerking, onderzocht. Er zijn twee kostenfuncties gedefinieerd, waarvan één de kosten definieert in termen van de misclassificatie verhouding en de ander in termen van de maximale afwijking in de radiometrische verdeling. Hoewel ze verschillend van vorm zijn, hebben ze dezelfde minima bij gelijke geometrische parameters van de objecten zonder misclassificatie en met de juiste radiometrische match. Tengevolge van de inhomogeniteit binnen een akker en het eindige aantal beeldelementen van werkelijke beelden, verschillen de werkelijke kosten van de theoretische. De fouten die hierin optreden zijn zowel theoretisch als door simulatie-experimenten geanalyseerd. De voorgestelde benadering is getest op SAR-beelden, die zijn verkregen uit de 1991 NASA/JPL multi-band, multi-temporal polarimetric SAR campaign. De experimentele resultaten zijn bevredigend, hetgeen duidt op een mogelijke praktische toepassing van deze benadering.

De radiometrische en geometrische beschrijving in het object model voorkomt het optreden van fragmentatie van objecten, zoals zich dat voordoet bij op segmentatie gebaseerde methoden. Het speckle effect in SAR-beelden is niet langer een probleem in de verwerking van de beelden, omdat het op een juiste manier is gemodelleerd door het radiometrische model, verkregen uit simulatie van SAR-beelden. De benadering heeft bovendien een zeer groot convergentiegebied ten gevolge van het gebruik van simulated annealing voor de sturing van minimalisatieproces van het kostencriterium.

* * *

ALGORITHMS FOR SYMBOLIC CIRCUIT ANALYSIS BASED ON DETERMINANT CALCULATIONS

M. E. Kole
1 maart 1996
Promotor: prof. dr.-ing. O.E. Herrmann en ir. J. Smit (assistent-promotor)

In dit proefschrift wordt het onderzoek beschreven naar algoritmen voor de symbolische analyse van elektronische schakelingen met behulp van determinant methoden. Er is specifiek gewerkt aan verbeteringen van analyse methoden gebaseerd op de determinant algoritmen voor ijle matrices. Daarbij zijn behalve de determinant berekeningen zelf ook de systeem formulering in matrixvorm en de vereenvoudiging van het resultaat aan de orde gekomen. Voor de zogenaamde "double sparse Laplace expansion" algoritmen is een beperkte analyse van de efficiëntie van deze methoden uitgevoerd. Echter, deze algoritmen hebben de eigenschap dat hun gedrag sterk afhankelijk is van de positionele verdeling van de niet-nul elementen in de (ijle) system matrix. Met een toenemende grootte van de systeemmatrix groeien de kosten in tijd en geheugengebruik van de determinant algoritmen zeer snel. Om dit te beperken is een nieuwe formulering voor de systeem matrix uitgedacht, die de grootte tot de helft terugbrengt, maar de matrix vrij houdt van rationele en elkaar opheffende symbolische ingangen.

Vereenvoudiging van de (tussen)resultaten is een belangrijk onderwerp in de symbolische circuit analyse. Het kan het resultaat begrijpelijk houden voor een

menselijk ontwerper, terwijl tegelijk mogelijkheden opdoemen voor het automatisch opstellen van gedragsmodellen. Twee nieuwe methoden zijn ontwikkeld: (1) een dynamische methode die vereenvoudigt tijdens de ontwikkeling van de determinant, en (2) een statische methode die een serie vergelijkingen kan simplificeren op basis van intervallen voor parameters en frequentie. Enkele eenvoudige voorbeelden van de toepassing van de hier beschreven symbolische analyse methoden zijn uitgewerkt.

* * *

PLASMA ETCHING IN MICROTECHNOLOGY

H.V. Jansen
4 april 1996
Promotor: Prof.dr.J.H.J.Fluitman en dr. M. Elwenspoek (assistent promotor)

Dit artikel is een korte terugblik op het droog etsen (patroneren) van materialen uit de silicium technologie. Het is toegespitst op concepten en onderwerpen voor het etsen van materialen die van belang zijn binnen de micromechanika. De basis van het plasma geassisteerd etsen, de belangrijkste droge ets techniek, wordt uitgelegd en veschillende plasma systeem configuraties worden beschreven zoals reaktief ionen etsen (RIE). Een belangrijk voordeel van RIE is de mogelijkheid om gericht te etsen. Het mechanisme achter deze gerichtheid en verschillende plasma chemieën om dit doel te bereiken zullen uitgelegd worden. Multi-stap plasma chemieën blijken bruikbaar te zijn voor het etsen, het vrijmaken, en het afschermen van micromechanische strukturen met behulp van slechts één enkel RIE apparaat. Het plasma etsen is heel gevoelig voor vele variabelen en dit maakt de ets resultaten inconsistent en slecht reproduceerbaar. Daarom zullen er in dit artikel belangrijke plasma parameters, masker materialen en hun invloed behandeld worden. Meer nog, RIE heeft zijn eigen specifieke problemen en oplossingen zullen geformuleerd worden. Het resultaat van een RIE proces hangt op een niet lineaire manier samen met een groot aantal parameters. Daarom is de manier van dataverwerking zeer belangrijk. Voor het bepalen van de ets stop moet het plasma bekeken worden met behulp van speciale apparatuur. Deze terugblik wordt afgesloten met een aantal veelbelovende huidige trends in het plasma etsen.

* * *

TEST PATTERN GENERATION FOR DELAY FAULTS

G. van Brakel
12 april 1996
Promotor: prof. dr. H. Wallinga en dr. ir. H.G. Kerkhoff (assistent promotor)

Dit proefschrift beschrijft de constructie van een automatisch testpatroon-generatiesysteem voor vertragingsfouten. Het systeem maakt deel uit van een groter automatisch testpatroongeneratiesysteem, dat geschikt is voor verschillende fout modellen. In dit systeem werkt de ontwikkelde testpatroon-generator samen met andere ontwerpgereedschappen, zoals testpatroongeneratoren, foutsimulatoren en diagnose gereedschappen. De testpatroongenerator die gepresenteerd wordt in dit proefschrift speelt een centrale rol bij het testen van vertragingsfouten met behulp van dit systeem.

Hoofdstuk twee geeft een inleiding in het vakgebied van het testen van vertragingsfouten. Het begint met een beschrijving van het verschijnsel doorlooptijd in synchrone digitale logische schakelingen. Als gevolg van verschillend foutmechanismen kunnen fouten optreden in doorlooptijden in een schakeling. Deze vertragingsfouten, die locaal of globaal van aard zijn, worden gemodelleerd met het poort-vertragingsfoutmodel (gate delay fault model), respectievelijk het pad-vertragingsfoutmodel (path delay fault model). De onder deze modellen voorkomende fouten kunnen gedetecteerd worden met behulp van vertraginsfouttesten, die uit twee testpatronen bestaan. Dit soort testen kan een aantal eigenschappen hebben, waarvan 'robuustheid' de belangrijkste is. In combinatorische schakelingen bestaan vertraginsfouttesten uit twee patronen. In sequentiële schakelingen moeten deze twee patronen vaak aangevuld worden met extra reeksen patronen. Één daarvan dient er voor om de schakeling in de juiste begintoestand te brengen, de ander voor het observeerbaar maken van het resultaat van de test aan een van de primaire uitgangen van de schakeling. Om er voor te zorgen dat deze reeksen betrouwbaar hun werk doen wordt er gebruik gemaakt van een klokschema waarin snelle en langzame perioden voorkomen.

Hoofdstuk drie beschrijft de methoden en concepten voor testpatroon-generatie en foutsimulatie voor vertragingsfouten. Elk type vertragingsfout vereist dat er aan bepaalde voorwaarden in de schakeling voldaan is. Deze voorwaarden, die kunnen verschillen per type vertragingsfout, worden in dit hoofdstuk gespecificeerd met behulp van algebra's. Deze algebra's bevatten speciale attributen, die elk een 'globale' signaaleigenschap, zoals mogelijke instabiliteit, of een 'locale', aan de fout gerelateerde signaaleigenschap, zoals observeerbaarheid, representeren. Elk van deze algebra's wordt gebruikt voor een specifieke testmethode voor vertragingsfouten. Een definitieve keuze voor één van deze methoden wordt hier niet gemaakt, daar deze keuze aan de gebruiker overgelaten dient te worden. Nietemin wordt de robuuste testmethode voor

vertragingsfouten gesuggereerd als eerste keus. Deze methode wordt ook gebruikt als de gebruiker geen expliciete keuze maakt. Door een bepaalde algebra te kiezen wordt de testmethode bepaald. Aan de hand hiervan worden testpatronen gegenereerd en gesimuleerd. Het kwalitatieve resultaat van een foutsimulatie wordt uitgedrukt in een dekkingsmetriek, zoals gemiddelde minimale grootte van een detecteerbare fout, of de maximale grootte van het verschil tussen geteste looptijd en ontworpen looptijd. Er wordt voorgesteld voor testpatroongeneratie gebruik te maken van verzamelingenlogica. Dit is een manier van bijhouden van signaalwaarden in een schakeling die het mogelijk maakt noodzakelijke en mogelijke signaal-waarden bij te houden binnen de twee klokperioden die gebruikt worden bij het testen van vertragingsfouten. Door het toepassen van deze methode in een bekend testpatroongeneratiealgorithme kunnen testen voor verschillende soorten testen voor vertragingsfouten in combinatorische schakelingen gegenereerd worden. Voor het genereren van testen voor vertragingsfouten in sequentiële schakelingen wordt voorgesteld het algoritme dat gebruikt wordt voor combinatorische schakelingen in te bedden in een algorithme voor sequentiële testpatroongeneratie. Een algorithme volgens het FOGBUSTER principe is hiervoor het meest geschikt. In hoofdstuk vier wordt het computerprogramma 'TDgen' beschreven. In dit programma zijn de voorgestelde methoden geïmplementeerd. In TDgen is de foutsimulator voor vertragingsfouten 'TDsim' geïntegreerd. Het hoofdstuk beschrijft de algorithmen die uitgekozen zijn om de noodzakelijke functies uit te voeren. Dit gebeurt in eerste instantie voor de testpatroongenerator en foutsimulator voor vertragingsfouten in combinatorische schakelingen. Later in het hoofstuk worden de randvoorwaarden die sequentiële schakelingen aan testpatroongeneratie en foutsimualatie stellen behandeld, en wordt er een sequentiële testpatroongenerator en foutsimulator geconstrueerd. Testpatroongeneratie en foutsimulatie met TDgen blijft niet beperkt tot de robuuste testmethode voor vertragingsfouten, noch tot enige andere testmethode. Door het specificeren van een adequate algebra, anders dan de algebra voor robuuste testpatroongeneratie voor vertragingsfouten, kan elke soort twee-patroontest gegenereerd worden. Dit maakt TDgen tot een veelzijdige, flexibele en brede test patroon generator, bijzonder geschikt voor het genereren van testpatronen voor vertragingsfouten.

Hoofdstuk vijf beschrijft de resultaten van de experimenten die gedaan zijn om de prestaties van het geconstrueerde testpatroongeneratie systeem te evalueren. Uit de experimenten blijkt dat diverse soorten tests gegenereerd kunnen worden, zowel in combinatorische als in sequentiële schakelingen. Ook blijkt dat de fout dekking van vertragingsfouten op poorten (gate delay faults) sterk afhangt van de gekozen testmethode, die robuust, een beetje niet robuust of niet robuust kan zijn. De experimenten zelf tonen aan dat het genereren van testen voor deze methoden tot de mogelijkheden van TDgen behoort. De gekozen aanpak van testpatroongeneratie voor vertragingsfouten in sequentiële schakelingen blijkt superier voor wat betreft gebruik van hulpbronnen, zoals CPU-tijd en tester-tijd. Er wordt aangetoond dat de reductie in testbaarheid in vergelijking met een aanpak met behulp van een schuifregister beperkt is. Zowel in combinatorische als in sequentiële schakelingen blijkt TDgen minstens zo goed te presteren als andere testpatroongeneratoren voor vertragingsfouten, die elk speciaal bedoeld zijn voor een bepaalde methode voor testpatroongeneratie. Behalve het genereren van tests voor normale vertragingfouttesten, blijkt TDgen ook in staat diagnostische tests voor vertragingsfouten te genereren. Er wordt aangetoond dat de resolutie die mogelijk is bij de diagnose van enkele standaardschakelingen verhoogd kan worden als testpatronen gebruikt worden die ten behoeve van diagnose gegenereerd zijn in plaats van op normale wijze gegenereerde testpatronen.

* * *

HIGH RESOLUTION MAGNETIC FORCE MICROSCOPY: INSTRUMENTATION AND APPLICATION FOR RECORDING MEDIA

S. Porthun
21 juni 1996
Promotors: prof. dr. Th. J. A. Popma en dr.,J.C. Lodder (assistent promotor)

Dit proefschrift bevat aspecten van magnetische kracht microscopie, toegepast op magnetische recording materialen. De maximale magnetische opslagdichtheid wordt beperkt door het magnetische omschakelgedrag en door de stabiliteit van de geschreven informatie. De vorm en grootte van de magnetische eenheden (zowel geschreven bits als natuurlijke domeinen) is sterk gerelateerd aan de microstructuur van de dunne films die voor media gebruikt worden. Ruwheid van het oppervlak, kolomstruktuur van kristallieten binnen de laag, segregatie van chemische elementen in de kristallieten en defecten aan het oppervlak en in het volume van de laag beïnvloeden de grootte en de vorm van de magnetische structuren. De -in magnetische recording- minimaal te bereiken bitgrootte wordt op ongeveer 50 ´ 50nm geschat. Een verhoging van de opslagdichtheid met als doel deze bitgrootte te bereiken vereist microscopietechnieken die in staat zijn magnetische details in de ordegrootte van 10 nm zichtbaar te maken. Het voordeel van magnetische kracht microscopie, ten opzicht van andere technieken, is een eenvoudige samplepreparatie, gecombineerd met een hoge laterale resolutie.
In hoofdstuk 2 wordt behandeld hoe de vorm van de tip, de eigenschappen van de magnetische laag op de tip en de detectiemode moeten worden geoptimaliseerd voor een zo hoog mogelijke laterale resolutie van magnetische details. Een langwerpige magnetische tip combineert een voldoende magnetisch volume met een klein oppervlak aan de voorkant en zal dus een betere laterale resolutie

geven dan een zachte tip die noodzakelijkerwijs bolvormig is. Als model voor de magnetische laag op de tip wordt een staaf met een rechthoekige dwarsdoorsnede verondersteld. Voor dit model is een eendimensionale overdrachtsfunktie bepaald, die de Fourier-componenten van de krachtverdeling (of de verdeling van de krachtafgeleide in dynamische modes) aan de Fourier-componenten van de magnetisatie van het sample relateert. Deze overdrachtsfunktie hangt af van de magnetische laagdikte op het sample, de lengte van de tip, de tipdikte en de tip-sample afstand. De funktie is identiek aan de overdrachtsfunktie van een Karlqvist-leeskop. De gevoeligheid van de detector bepaalt de minimaal detecteerbare golflengte lc, die uit de overdrachtsfunktie kan worden berekend. Met een gegeven gevoeligheid van de detector kunnen op deze manier verschillende configuraties met elkaar vergeleken worden. De optimale configuratie is een constante-afstand dynamische mode met een lage cantilever trillingsamplitude. De tip moet een hoge magnetisatie en een coerciviteit bezitten. Het laatste kan door de vormanisotropie van de naald worden bereikt.

Hoofdstuk 3 beschrijft de instrumentatie van een SFM scan-kop, voor MFM metingen, die in externe magnetische velden met willekeurige orientatie ten opzichte van het sample gebruikt kan worden. Hiervoor moet de scan-kop tussen de polen van een resistieve electromagneet geplaatst worden. Om de kwaliteitsfactor van de cantilever te verhogen zal ook een vacuum toegepast worden. Het apparaat wordt bestuurd door twee digitale signaalprocessoren (DSP), waarvan één de scan signalen genereert en de andere voor de detectie en de terugkoppeling verantwoordelijk is. De besturing, de verzameling van de data en de communicatie wordt door een programma op de PC verzorgd. De specificaties van deze scan-kop met bijbehorende instrumentatie zijn:

- Externe magneetveld sterkte: continue variabel tussen -1.8 T and 1.8 T, met 1 ppm lange termijn stabiliteit
- Scan bereik: ongeveer 40 mm
- Detectie-limiet: 0.1 nm in 1 kHz bandbreedte
- Scan-kop afmetingen: 26 × 30 × 42 mm
- Sample afmetingen: 5 × 5 mm
- Volledige software besturing van het gehele apparaat

Hoofdstuk 4 beschrijft de fabricage en de eigenschappen van magnetische tips die met behulp van een SEM worden gefabriceerd. Bij deze techniek worden, door middel van een electronenbundel, koolstofnaalden uit de organische vacuum-restgassen gegroeid. Deze koolstofnaalden zijn uitermate geschikt om aan de zijkant een magnetische film van Co of $Co_{80}Ni20$ te deponeren. Op deze manier kan een tipvorm verkregen worden, die goed op het model van de staaf met rechthoekige dwarsdoorsnede lijkt. Lorentz-TEM experimenten tonen aan dat deze naalden, nadat ze gemagnetiseerd zijn, in externe velden kleiner dan 0.2 T één enkel magnetisch domein bevatten. Voor hogere velden wordt een antiparallel domein aan de voorkant van de tip gecreëerd, die ook in remanente toestand nog stabiel blijft. De voorkant van de tip bevat altijd één enkel domein. Op een Co-Ni/Pt multilaag sample konden wij met behulp van deze tips magnetische details kleiner dan 30 nm zichtbaar maken. Hierbij is een constante-krachtafgeleide mode gebruikt.

Hoofdstuk 5 beschrijft de toepassing van MFM voor het onderzoek aan magnetische recording-materialen. Verschillende technieken voor de kwantificatie van data uit MFM metingen worden gepresenteerd. Voor het bepalen van het magnetisatiepatroon uit constant signal metingen wordt een tresholding-algorithme gebruikt. De ruwheid van de rand van bits wordt met behulp van Fourier-descriptoren bepaald. Op deze manier kunnen bits van verschillende samples of geschreven op hetzelfde sample onder verschillende omstandigheden met elkaar vergeleken worden. Het principe van deze techniek is aan de hand van magneto-optische bits gedemonstreerd. Verder worden in hoofdstuk 5 verschillende voorbeelden van MFM metingen op magnetische media gegeven. De invloed van de bias-spanning tijdens het sputteren van Co-Ni/Pt multilagen op hun domeinpatroon is aan de hand van een voorbeeld gedemonstreerd. Op ME tape is het overschrijf-gedrag van sporen met verschillende bitdichtheid bepaald. Daarnaast is geillustreerd hoe het geschreven bitpatroon afhangt van de bewegingsrichting van de schrijfkop ten opzichte van de helling van de kolommen. Verder zijn de schrijfresultaten op een loodrecht gemagnetiseerde CoCrTa hard-disk bestudeerd. Op deze disk zijn 400 nm brede tracks met bitdichtheden van 200 kfrpi (127nm bitlengte) onderzocht. AFM observaties van de topografie van het oppervlak tonen aan dat de kleinste geobserveerde bits ongeveer 30 kristallieten bevatten. De hoogste bestudeerde lineaire bitdichtheid op dit materiaal was 300 kfrpi (85 nm bit lengte). Deze bits zijn kleiner dan de omringende remanente domeinstruktuur. Hoofdstuk 6 bevat conclusies en verdere suggesties voor een vervolg van dit werk.

De Werkgemeenschap voor Informatie- en Communicatietheorie in de Benelux
The Euler Institute of Discrete Mathematics and its Applications
The IEEE Benelux Chapter on Communications and Vehicular Technology
The IEEE Benelux Chapter on Information Theory

ELECTRONIC MONEY - AN INTRODUCTION

Thursday, January 16, 1997
Philips Research Laboratories, Prof. Holstlaan 4, Eindhoven

Money has been introduced by mankind as a representative of "value" for commerce. Originally, money consisted of objects of high-perceived intrinsic value (e.g., shells, salt, coins of gold or silver). Once the use of money became too widespread, state-of-the-art printing methods were used to create paper money, which originally had a value equivalent to gold. Now, the digital electronic revolution allows state-of-the-art chip-design methods to create chipcards, which can take over the role of a carrier-of-value in our modern high-tech society. Of course, many of the same properties of normal money are expected from electronic money. For example, it must be infeasable to duplicate. Advanced mathematical techniques, along with advances in tamper proof chipcard design, have been able to secure electronic payment systems.

This midwinter meeting offers an introduction to electronic payment systems and their related security aspects by renowned experts in this field. The program will consist of five 45-minute talks given in English.

PROGRAMME

9.30	Registration
10.00	Welcome address by Dr. Th. Claassen (Philips Research)
10.15	Prof.dr. Peter Landrock (Univ. of Aarhus, Denmark) *Historical perspective of electronic money. The role of chipcards. How does electronic money affect the current banking situation or enable electronic commerce?*
11.00	Break
11.15	Prof.dr. Henk van Tilborg (TUE) *The role of discrete mathematics and cryptology in payment systems*
12.00	Lunch *(provided by Philips Research)*
13.00	Dr. Berry Schoenmakers (DigiCash) *Comparison of modern protocols for electronic cash. Focusing on security properties, on-line vs. off-line, and coins vs. cheques.*
13.45	Break
14.00	Gerard van Battum (TNO) *Chipcards. What kind of technology is used today? How safe are chipcards? What protocal failures and pitfalls can make smartcards insecure?*
14.45	Break
15.00	Dr. Birgit Pfitzmann (Univ. Hildesheim) *The impact of modern electronic-money systems, and a preview of what is to come (Internet payment systems)*
15.45	Closing

REGISTRATION

Participants must register in order to gain admittance to the Philips premises. This can be done by sending a message either by electronic or ordinary mail **before January 10, 1997** to:

Dr. A.P. Hekstra, KPN Research, P.O. Box 421, NL-2260 AK Leidschendam,
A.P.Hekstra@research.kpn.com, tel. +31-70-3325787, fax +31-70-3326477.

The number of participants is limited. All successful and unsuccessful registrations will be acknowledged. The admission fee is Dfl. 35,- (or BEF 700) per person and must be paid in cash when entering the meeting. Students pay Dfl. 15- (or BEF 300).

ORGANIZERS

- Dr. Stan Baggen (Philips Research)
- Dr. Andries Hekstra (KPN Research)
- Dr. Johan van Tilburg (KPN Research)
- Dr. Frans Willems (Eindhoven University of Technology)

Tijdschrift van het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap

deel 61 nr.5 -1996

Inhoud

Druk: Drukkerij Van Ek, Driebergen